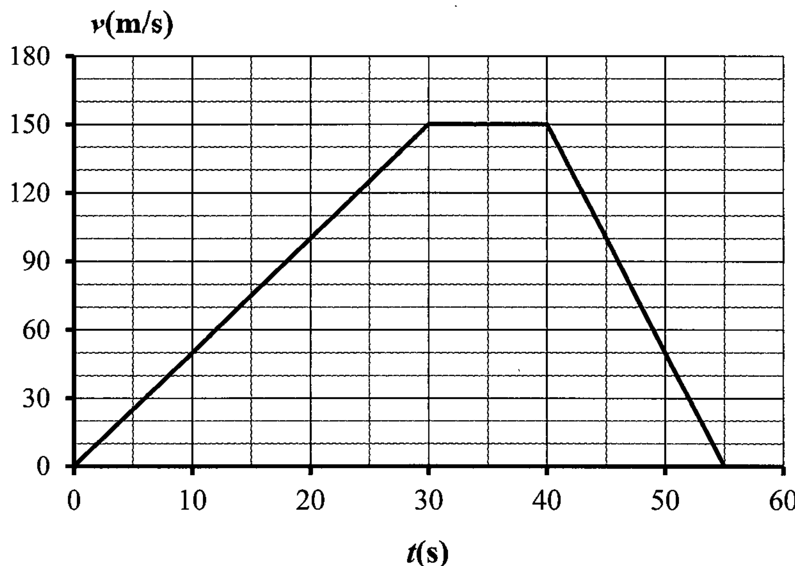
פרק 2 – שאלות בחוקי ניוטון

שאלה 1 \ פרק 2

לצורך חקירת שכבות האטמוספירה משגרים טיל מפני הקרקע בכיוון אנכי כלפי מעלה. הטיל מכיל שני חיישנים. החיישן הראשון, שמסתו 2kg, מונח על מאזניים בתחתית הטיל. החיישן השני, שמסתו 0.4kg תלוי בקצה קפיץ שקצהו השני מחובר לחלקו הקדמי של הטיל. קבוע הקפיץ $20\,\text{N/m}$. הגרף שלפניך מתאר את מהירות הטיל כפונקציה של הזמן החל מרגע שיגורו ב- $t=0$.



ענה על השאלות הבאות בהנחה שתאוצת הכובד קבועה וגודלה 10m/s^2.

א. חשב את תאוצת הטיל בשלבים השונים של תנועתו.

ב. קבע כעבור כמה שניות הפסיק מנוע הטיל לעבוד.

ג. תאר במלים תנועת הטיל.

ד. קבע כעבור כמה שניות מגיע הטיל לגובה המקסימלי.

ה. חשב את הגובה המקסימלי אליו מגיע הטיל.

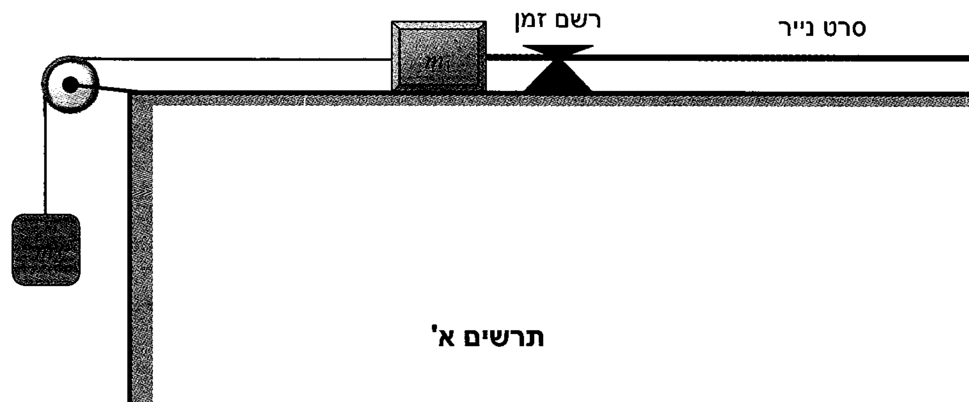
ו. חשב את התארכות הקפיץ ואת קריאת המאזניים (ביחידות כוח), בשלבים השונים של תנועת הטיל.

שאלה 2 \ פרק 2

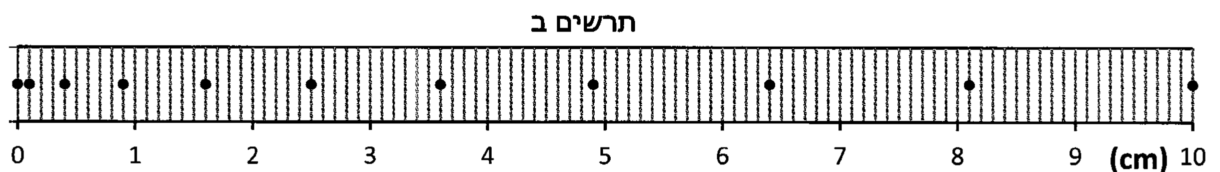
בתרשים המוצג לפניך (תרשים א') מתוארת מערכת המורכבת ממישור אופקי חלק, שתי מסות m_1 ו- m_2, חוט מסתו זניחה, גלגלת אידיאלית ורשם זמן. המסה m_1 מונחת על המישור האופקי וקשורה באמצעות החוט למסה m_2. החוט כרוך מסביב לגלגלת הנמצאת בקצה המישור האופקי (ראה תרשים א'). ניתן להזניח את התנגדות האוויר.

מפעילים את רשם הזמן וברגע $t=0$ משחררים את המערכת ממנוחה והיא מתחילה לנוע בתאוצה (עד לרגע פגיעת m_2 בקרקע). לאחר שהמסה m_2 מגיעה לקרקע מפסיקים את פעולת רשם הזמן.

נתון $m_1 = 400\text{g}$. המסה m_2 לא ידועה.



בתרשים ב' מוצג סרט הנייר שהפיק רשם הזמן. מרווח הזמן בין כל שתי נקודות צמודות הוא 0.02s. ליד הסרט מונח סרגל.



א. חשב את מהירות המסה m_1 בזמן $t = 0.06\text{s}$. פרט את חישוביך.

ב. רשום בטבלה את מהירות העגלה בזמנים מ- $t = 0.02\text{s}$ עד $t = 0.18\text{s}$.

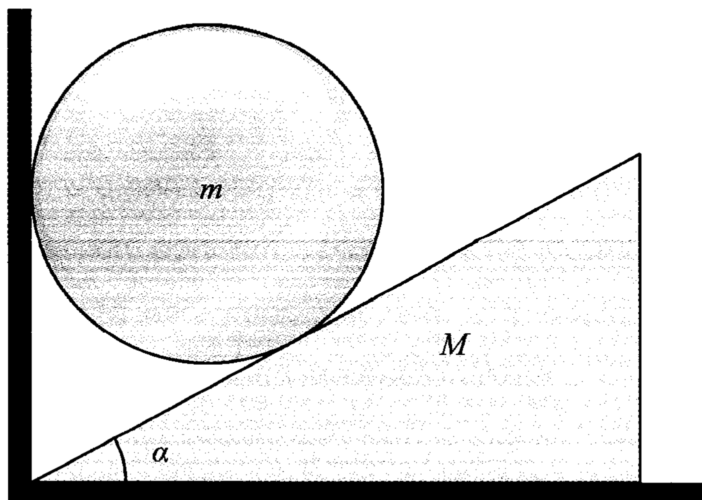
ג. התבסס על נתוני הטבלה שיצרת בסעיף הקודם ושרטט גרף המתאר את גודל מהירות הגופים m_1 ו- m_2 כפונקציה של הזמן.

ד. היעזר בגרף ששרטטת בסעיף הקודם וחשב את תאוצת המערכת.

ה. חשב את גודל המסה m_2.

שאלה 3 \ פרק 2

בתרשים שלפניך מתוארת מנסרה שמסתה M. חתך המנסרה הוא משולש ישר זווית. המנסרה מונחת על משטח אופקי, כך שאחד הקדקודים שלה, שזוויתו α, נוגע בקיר אנכי. מעל המשור המשופע של המנסרה מונח כדור שמסתו m, כך שהכדור נשען על הקיר האנכי. בין הכדור והקיר וגם בין הכדור ומישור המנסרה לא פועלים כוחות חיכוך. בין המנסרה והמשטח האופקי קיים חיכוך.



א. שרטט שני תרשימים, האחד של

המנסרה והשני של הכדור, והוסף חיצים המייצגים את כל הכוחות הפועלים על שני הגופים.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה (או חלקם) את גודל הכוחות שהקיר והמנסרה מפעילים על הכדור.

ג. בטא באמצעות נתוני השאלה (או חלקם) את הכוחות שפועלים על המנסרה.

ד. קבע מהו ערך מקדם החיכוך הסטטי הקטן ביותר המותר בין המנסרה למשטח האופקי על מנת שהמנסרה לא תחליק בהשפעת הכוח המופעל עליה על ידי הכדור. בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה (או חלקם).

ה. מניחים בין הקיר והמנסרה כדור אחר. חשב את הערך הגדול ביותר המותר עבור מסת הכדור ($m_{\max}$) על מנת שהמנסרה לא תחליק. בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה ומקדם החיכוך הסטטי בין הרצפה והמנסרה, μ_s.

שאלה 4 \ פרק 2

גוף שמסתו 4kg קשור לקצה חוט שקצהו השני קשור לתקרת מעלית. נבחר את הכיוון החיובי כלפי מעלה.

א. ציין מהם הכוחות הפועלים על הגוף, וקבע מהו כוח התגובה לכל אחד מהכוחות שציינת.

ב. חשב את המתיחות בחבל במקרים הבאים:

1. כאשר המעלית נעה כלפי מטה במהירות קבועה.
2. כאשר המעלית נעה כלפי מעלה בתאוצה קבועה שגודלה 2m/s^2.
3. כאשר המעלית נעה כלפי מטה בתאוצה קבועה שגודלה 4m/s^2.

ג. בכל אחד מהמצבים המתוארים להלן, קבע מתי המתיחות בחוט (בערכה המוחלט) גדולה יותר.

1. כאשר המעלית נעה כלפי מעלה במהירות קבועה או כאשר היא נעה כלפי מטה במהירות קבועה.
2. כאשר המעלית נעה כלפי מעלה במהירות קבועה או כאשר היא נעה כלפי מטה בתאוטה של 2m/s^2.
3. כאשר המעלית נעה כלפי מעלה בתאוטה של 2m/s^2, או כאשר נעה כלפי מטה בתאוצה של 2m/s^2.

ד. נתון שהמתיחות המקסימלית שהחבל יכול לשאת מבלי שיקרע היא 90N. חשב את התאוצה הגדולה ביותר המותרת עבור המעלית על מנת שהחוט לא יקרע.

ה. קבע מהו כיוון תנועת המעלית בסעיף הקודם?

ו. קבע באיזה מקרה או מקרים המתיחות בחבל מתאפסת?

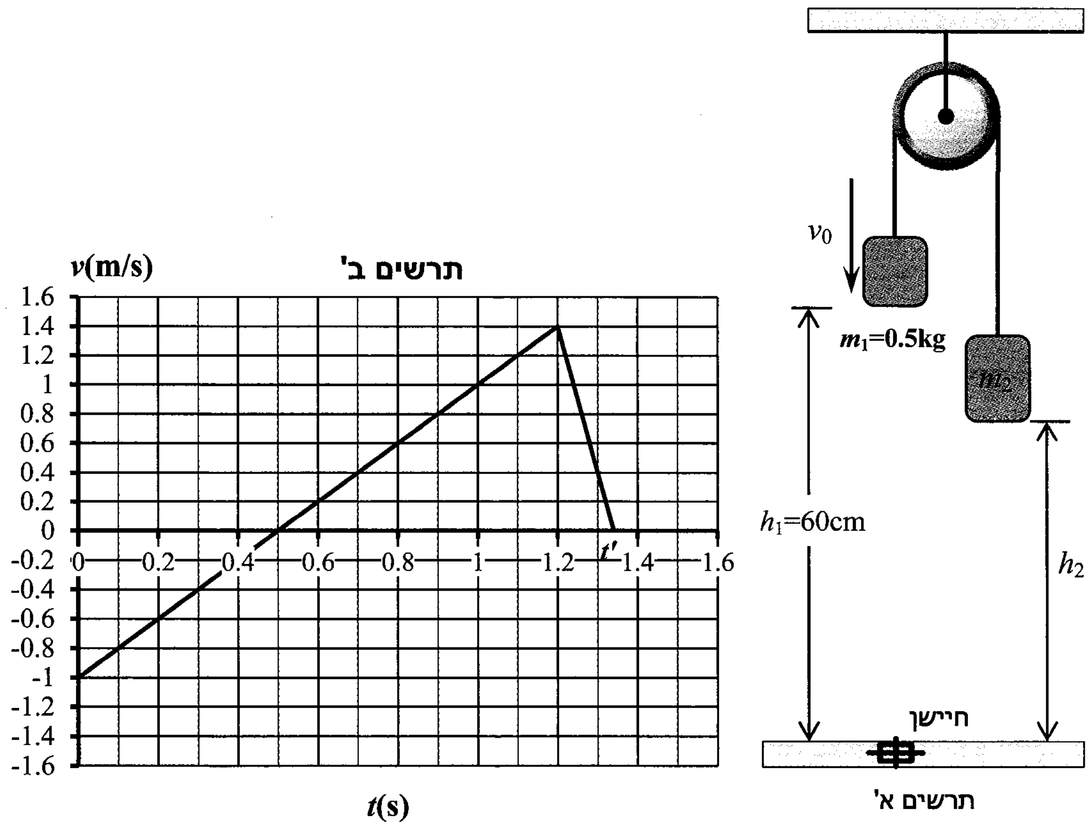
שאלה 5 \ פרק 2

בתרשים א' מוצגת גלגלת אידיאלית התלויה מהתקרה. מסביב לגלגלת כרוך חוט שמסתו זניחה. בקצה האחד של החוט קשורה מסה $m_1 = 0.5\text{kg}$, ובקצה השני קשורה מסה לא ידועה m_2 כך

שמתקיים $m_2 > m_1$.

מחזיקים את המערכת במנוחה כך שהמסה m_1 נמצאת בגובה $h_1 = 60\,\text{cm}$ מעל חיישן הנמצא מתחתיה על הרצפה. במצב זה המסה m_2 נמצאת בגובה h_2 מעל הרצפה (ראה תרשים א').

ברגע מסוים שנבחר להיות $t = 0$, מקנים למסה m_1 מהירות התחלתית v_0 כלפי מטה. החיישן מודד את מהירות המסה m_1 כפונקציה של הזמן החל מ-$t = 0$. תוצאות המדידה מתוארות בתרשים ב'.



א. קבע מהו הכיוון החיובי שנבחר בבעיה זו?

ב. תאר את תנועת המסה m_1 בפרקי הזמן: $0 \le t < 0.5\text{s}$, $0.5 < t < 1.2\text{s}$ ו-$1.2\text{s} \le t$.

ג. חשב את גודל המסה m_2.

ד. מצא את המרחק המינימלי המתקבל בניסוי זה בין המסה m_1 והחיישן.

ה. חשב את הגובה h_2.

ו. היעזר בגרף וחשב את הזמן t' שבו מהירות המסה m_1 מתאפסת (רגעית) בפעם השנייה.

שאלה 6 \ פרק 2

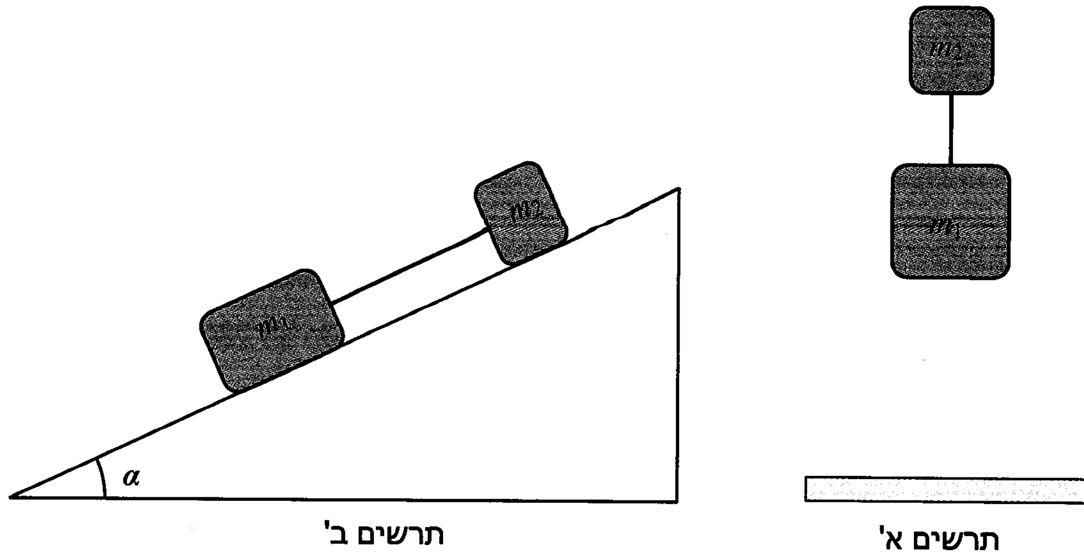
א. קושרים שתי תיבות לקצוות חוט שמסתו זניחה. מסת התיבה הראשונה m_1 ומסת התיבה השנייה m_2 $(m_1 > m_2)$. תופסים את התיבה שמסתה m_2 ומחזיקים את המערכת במנוחה באוויר ולאחר מכן משחררים אותה (ראה תאשים א'). המערכת נופלת נפילה חופשית (התנגדות האוויר זניחה).

(1) בטא, באמצעות נתוני השאלה (או חלקם), את המתיחות בחוט כאשר המערכת הייתה

במנוחה באוויר.

(2) חשב את המתיחות בחוט ואת תאוצת המערכת לאחר שמשחררים אותה.

ב. בניסוי נוסף מניחים את שתי התיבות על מישור משופע **חלק**, שזווית שיפועו α (ראה תרשים ב'). מחזיקים בתיבה m_2 כך שהתיבות במנוחה, ולאחר מכן משחררים את המערכת.



תרשים א'   תרשים ב'

(1) בטא, באמצעות נתוני השאלה (או חלקם), את המתיחות בחוט כאשר המערכת הייתה במנוחה.

(2) בטא, באמצעות נתוני השאלה (או חלקם), את המתיחות בחוט ואת תאוצת המערכת לאחר שמשחררים אותה

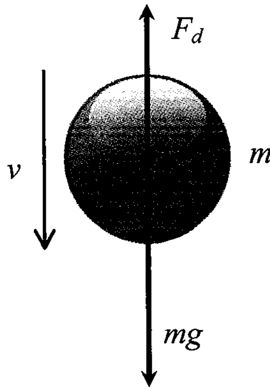
ג. במצב המתואר בסעיף הקודם, מצא את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוט אם המשטח הנטוי לא חלק, ומקדם החיכוך הקינטי בינו לבין כל אחת משתי התיבות הוא μ_k. בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה (או חלקם). ידוע שהמערכת מתחילה לנוע בתאוצה כשמשחררים אותה על המישור המשופע.

ד. נתון שמסת התיבה הראשונה $m_1 = 2\text{kg}$ ומקדם החיכוך הקניטי בינה ובין והמשטח הוא 0.4, ושמסת התיבה השנייה היא $m_2 = 1\text{kg}$ ומקדם החיכוך הקניטי בינה ובין המשטח הוא 0.2. נתון גם ש-$\alpha = 60^\circ$. ידוע שהמערכת מתחילה לנוע בתאוצה כשמשחררים אותה על המישור המשופע.

(1) קבע איזה מבין שתי המסות יש להניח מהצד הקרוב יותר לקצה התחתון של המישור המשופע על מנת שהחוט יהיה מתוח במהלך תנועת המסות על המישור המשופע? נמק את תשובתך.

(2) התייחס למצב המתואר בתת הסעיף הקודם וחשב את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוט.

שאלה 7 \ פרק 2



כאשר גופים נופלים באוויר, והתנגדות האוויר אינה ניתנת להזנחה, פועל עליהם, בנוסף לכוח הכובד, mg, גם כוח חיכוך. כיוונו של כוח חיכוך זה, המופעל על הגוף על ידי האוויר, מנוגד לכיוון מהירות הגוף (ראה תרשים). מסמנים כוח זה ב- F_d (מהמונח הלועזי drag force).

מתברר, על סמך הניסויים, שכוח זה תלוי, בין השאר, במהירות הגוף, וגודלו נמצא ביחס ישר לריבוע מהירות הגוף, כך שמתקיים: $F_b = bv^2$,

כאשר v היא מהירות הגוף הנופל, ו- b מקדם שתלוי בצורת הגוף ובתכונות האוויר שמסביב.

נתון גוף שמסתו m הנופל באוויר שהתנגדותו איננה זניחה.

א. קבע מהן היחידות של הגודל b בקשר $F_d = bv^2$.

ב. רשום ביטוי המתאר את תאוצתו של גוף זה (הנופל, כאמור, באוויר כשהתנגדות האוויר אינה ניתנת להזנחה). בטא את תשובתך באמצעות הגדלים: m, b והמהירות הרגעית, v.

ג. על סמך הביטוי שקיבלת בסעיף הקודם, תאר את תנועת הגוף.

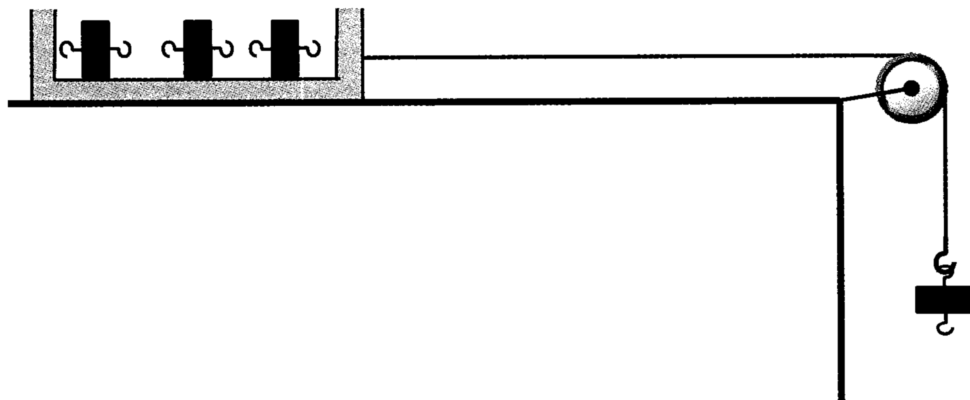
ד. מצא את המהירות המקסימלית של הגוף במהלך תנועתו. בטא את תשובתך באמצעות הגדלים: m ו- b.

ה. שרטט גרפים המתארים באופן איכותי את תאוצת הגוף ואת מהירותו, כפונקציה של הזמן, החל מרגע שחרור הגוף $(t=0)$, עד הגעת גדלים אלה לערכים הסופיים שלהם.

שאלה 8 \ פרק 2

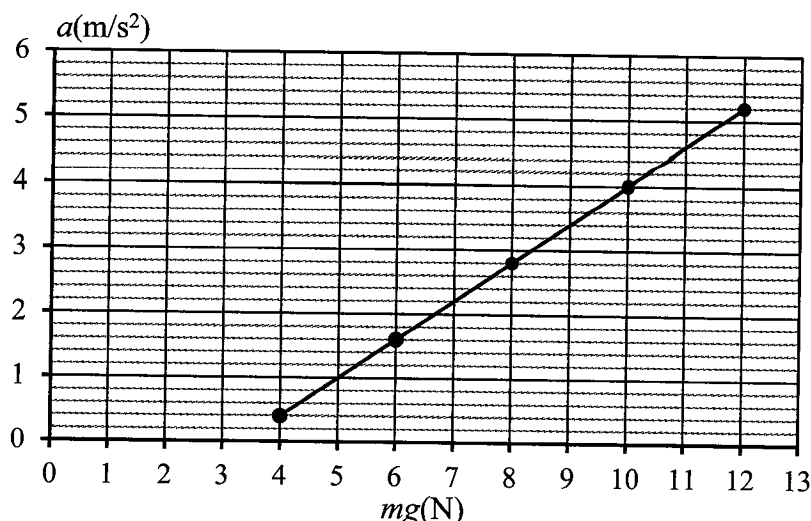
תלמידה עורכת את הניסוי הבא:

היא מנחה קופסה ריקה על משטח אופקי <u>לא חלק</u>. מסת הקופסה $m' = 0.4\text{kg}$. בתוך הקופסה מניחה n משקולות זהות, שמסת כל אחת מהן $m_0 = 0.2\text{kg}$. לכל אחת מהמשקולות מוצמדים שני ווים לתליה (ראה תרשים). התלמידה קושרת את הקופסה לקצה חוט שמסתו זניחה ומעבירה את החוט סביב גלגלת אידיאלית כך שקטע החוט שבין הקופסה לגלגלת נמצא במצב אופקי. לקצה השני של החוט קשור וו ואליו ניתן לחבר משקלות. מסת הוו זניחה.



התלמידה מוציאה את המשקולות, זו אחר זו, מהקופסה ותולה אותן בקצה השני של החוט אחת אחרי השנייה. בכל פעם שהיא מעבירה משקולת מהקופסה ותולה אותה בצד השני, היא משחררת את המערכת ממנוחה ומודדת, באמצעות חיישן מיוחד, את תאוצת המערכת.

הגרף שלפניך מתאר את תוצאות המדידות שבצעה התלמידה: התאוצה a כפונקציה של המשקל הכולל של כל המשקולות התלויות בוו.



א. הוכח שתאוצת המערכת, a, כפונקציה של המשקל הכולל, mg, של כל המשקולות התלויות בוו, נתונה על יד הקשר הבא: $a=\left(\frac{\mu_k+1}{M}\right)mg-\mu_k g$.

כאשר: M היא המסה הכוללת של מערכת (הקופסה וכל המשקולות) ו- μ_k הוא מקדם החיכוך הקניטי בין קופסה למשטח.

ב. היעזר בגרף ובקשר שהוכחת בסעיף הקודם וחשב את:

(1) מקדם החיכוך הקניטי שבין הקופסה ומשטח, μ_k .

(2) המסה הכוללת של המערכת, M .

(3) המספר הכולל של המשקולות, n .

ג. חשב את התאוצה המקסימלית שאפשר להגיע אליה בניסוי זה, וחשב את המתיחות בחוט במצב הזה.

ד. במהלך אחד הניסויים שבצעה התלמידה, נקרע החוט. חשב את המרחק שהתיבה עוברת על המשטח האופקי עד לעצירתה, אם נתון שמהירותה ברגע שבו החוט נקרע הייתה 1m/s.

שאלה 9 \ פרק 2

טיל שוגר מפני כדור הארץ בכיוון אנכי כלפי מעלה. הגרף שלפניך מתאר את מהירות הטיל כפונקציה של הזמן החל מרגע השיגור ($t=0$). ברגע מסוים נגמר הדלק בטיל.

נניח שתאוצת הכובד היא קבועה, ולא משתנה עם הגובה.

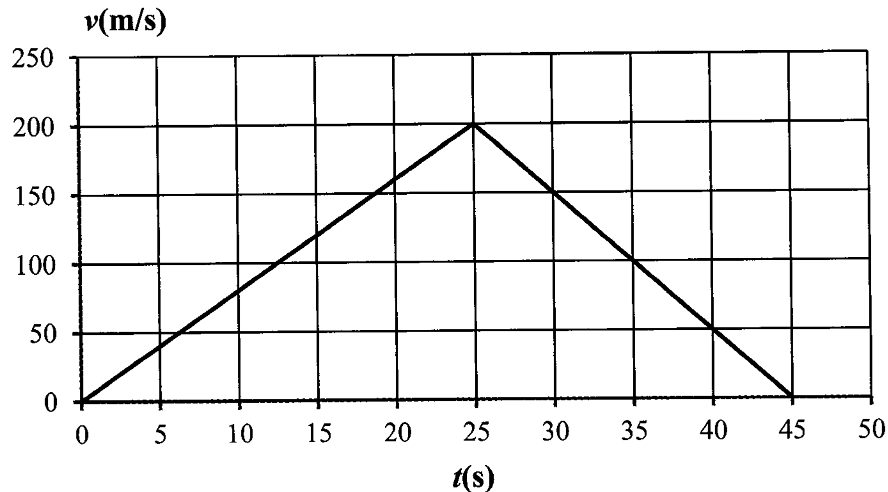
א. היעזר בגרף וקבע כעבור כמה זמן משיגור הטיל נגמר הדלק, ובאיזה גובה היה הטיל ברגע זה.

ב. קבע באיזה שנייה מגיע הטיל לגובה המקסימלי. חשב גובה מקסימלי זה.

ג. חשב כעבור כמה זמן מהשיגור חוזר הטיל אל פני כדה"א.

ד. בראש הטיל תלוי קפיץ אליו חיברו גוף שמסתו 0.4kg. חשב את התארכות הקפיץ בשלבי התנועה השונים (כולל שלב החזרה לפני כדור הארץ). נתון שקבוע הקפיץ הוא $40\,\text{N/m}$.

ה. חשב את כוח הדחף של מנוע הטיל בזמן עלייתו בתאוצה, אם נתון שמסתו הכוללת של טיל זה היא 250kg?

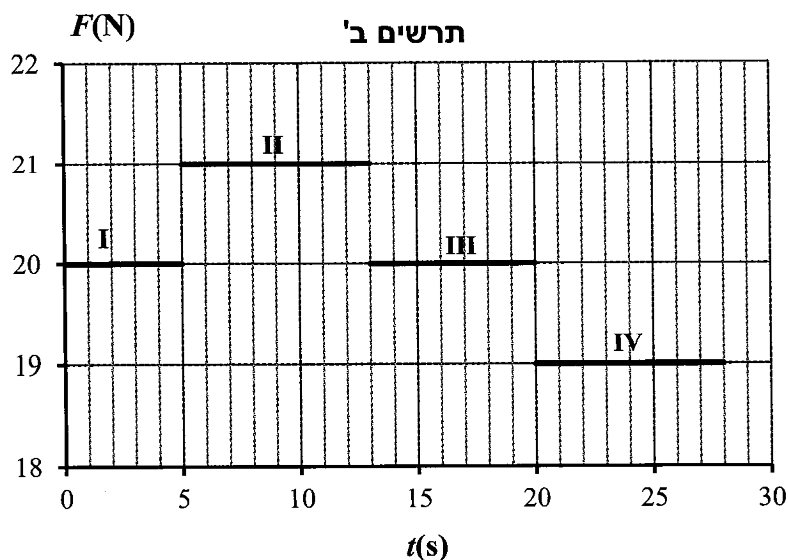


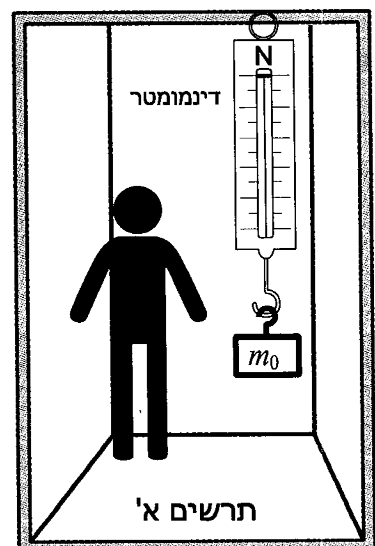
שאלה 10 \ פרק 2

תלמידה תולה דינמומטר (מד כוח) מתקרת מעלית ומחברת אליו גוף שמסתו m_0 (ראה תרשים א').

המעלית סגורה ואטומה כך שהתלמידה אינה יכולה לראות מה קורה מחוץ למעלית. ברגע מסוים $t=0$, וכאשר המעלית הייתה **במצב מנוחה**, התלמידה מתחילה לבצע מדידות: היא רושמת את קריאת הדינמומטר (ביחידות ניוטון) ואת הזמן.

הגרף שלפניך (תרשים ב') מתאר את תוצאות המדידות שערכה התלמידה, כאשר הכיוון החיובי נבחר כלפי מעלה.





א. חשב את מסת הגוף, m_0.

ב. חשב את תאוצת המעלית בכל אחד מפרקי הזמן שבין $t=0$ עד $t=28\text{s}$. פרט את חישוביך.

ג. קבע את מצב המעלית – מנוחה או תנועה (אם תנועה - מהו סוג התנועה: תנועה במהירות קבועה, בתאוצה קבועה.. וכו', ואת כיוונה) בכל אחד מפרקי הזמן שבין $t=0$ עד $t=28\text{s}$.

ד. שרטט גרף שמתאר את מהירות המעלית כפונקציה של הזמן מ- $t=0$ עד $t=28\text{s}$.

ה. התייחס לפרק הזמן שבין $t=0$ עד $t=28\text{s}$ וחשב את:

(1) העתק המעלית.

(2) המהירות הממוצעת של המעלית.

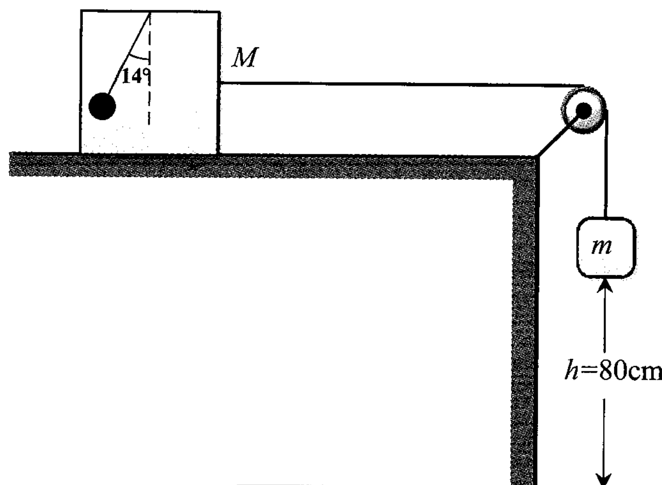
ו. אם המעלית נמצאת במצב תנועה במהירות קבועה בשלב (I) ולא במצב מנוחה, האם הגרף המתואר בתרשים ב' משתנה? אם השבת בחיוב, ציין מהם השינויים בגרף, אחרת - נמק.

ז. האם אפשרי שקריאת הדינמומטר במעלית תתאפס? הסבר את תשובתך.

שאלה 11 \ פרק 2

תיבה מוחזקת על משטח אופקי לא חלק. לתקרת התיבה קשור כדור קטן באמצעות חוט שמסתו זניחה. התיבה קשורה בחוט חסר מסה הכרוך סביב גלגלת אידיאלית כך שהחוט מקביל למשטח. לקצה השני של החוט קשורה משקולת הנמצאת באוויר (ראה איור).

נתון שמסת התיבה כולל הכדור הקטן היא $M=0.6\text{kg}$ ומסת המשקולת היא $m=0.4\text{kg}$. במצב שבו המערכת הייתה במנוחה, גובה המשקולת מעל הרצפה היה $h=0.8\text{m}$.



ברגע $t=0$ משחררים את המערכת ממנוחה. המערכת נעה בתאוצה קבועה, וכתוצאה מכך נוצרת זווית קבועה בין החוט הקשור לכדור ובין האנך שגודלה $14°$.

א. היעזר בזווית הנתונה ($\alpha=14°$) וחשב את תאוצת המערכת.

ב. חשב את מקדם החיכוך הקינטי בין התיבה והמשטח.

ג. חשב את תאוצת המערכת לאחר שהמשקולת m הגיעה לקרקע.

ד. חשב את גודל הזווית הנוצרת בין החוט הקשור לכדור לבין האנך לאחר שהמשקולת הגיעה לרצפה.

ה. שרטט גרף המתאר את מהירות התיבה כפונקציה של הזמן החל מ- $t=0$ עד רגע עצירתה על המשטח האופקי (הנח שהתיבה נעצרת לפני שהיא מגיעה לקצה המשטח).

ו. חשב את ההעתק הכולל של התיבה החל מרגע $t=0$ עד לרגע עצירתה.

ז. הוכח שבשלב שבו המשקולת עדיין לא הגיעה לרצפה, הזווית בין החוט לאנך לא יכולה לעלות על 45°.

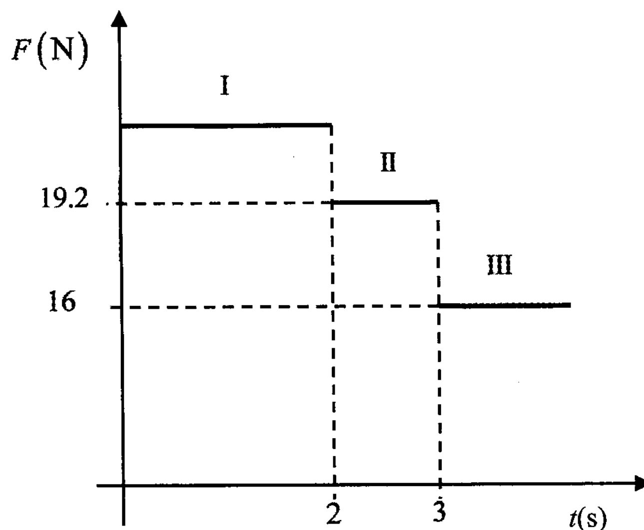
שאלה 12 \ פרק 2

תלמיד קושר שתי מסות זהות m_1 ו- m_2 לקצוות חוט שמסתו זניחה הכרוך סביב גלגלת אידיאלית. הגלגלת תלויה באמצעות דינמומטר שקשור לתקרת המעבדה. נתוני הדינמומטר מועברים ע"י חיישן למחשב.

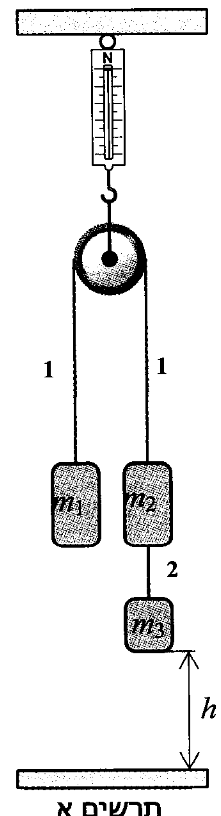
התלמיד קושר באמצעות חוט, שמסתו זניחה, מסה m_3 למסה m_2. ומחזיק את המסה m_1 כך שהמערכת נשארת במנוחה (ראה תרשים א').

ברגע מסוים שנבחר להיות $t=0$, התלמיד מפעיל את תוכנת המחשב הרושמת את קריאת הדינמומטר. ברגע $t=2\text{s}$ הוא משחרר את המסה m_1. נתון שברגע $t=3\text{s}$ המשקלת m_3 פוגעת ברצפה.

תוצאות מדידות הכוח כפונקציה של הזמן מתוארות בגרף המוצג בתרשים ב'.



תרשים ב



תרשים א

א. חשב את גודל המסות m_1 ו- m_2 (שים לב! $m_1=m_2$).

ב. בשלב השני $(2<t<3\text{s})$, חשב את:

(1) המתיחות בחוט 1.

(2) תאוצת המערכת.

(3) המתיחות בחוט 2.

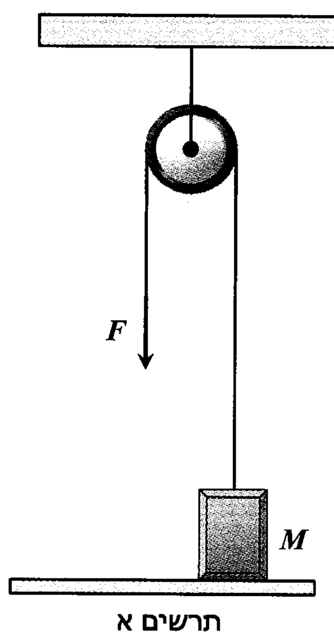
ג. חשב את גודל המסה m_3.

ד. חשב את קריאת הדינמומטר בשלב I, שבו התלמיד החזיק את המערכת במנוחה.

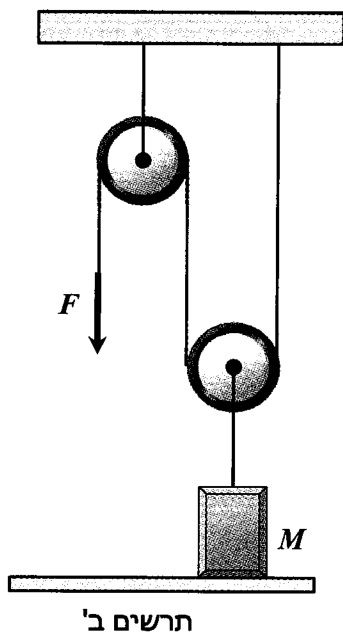
ה. חשב את גובה המסה m_3 מהקרקע בזמן $t=0$ (הגובה h בתרשים א').

שאלה 13 \ פרק 2

תלמיד מבקש להרים גוף שמסתו $M=80\text{kg}$. עומדות לפניו שתי אפשריות שונות: הראשונה היא להשתמש במערכת המתוארת בתרשים א', והשנייה להשתמש במערכת המתוארת בתרשים ב'.



תרשים א



תרשים ב'

א. מצא מהו הכוח המינימלי שעל התלמיד להפעיל בכל אחת משתי המערכות על מנת להרים את המשקולת M מעל הרצפה? פרט את חישוביך.

ב. התלמיד מפעיל בכל אחת משתי המערכות כוח של 500N. האם המשקולת עולה כלפי מעלה? אם התשובה שלך חיובית, חשב את תאוצתה, ואם תשובתך שלילית, חשב את הכוח שהגוף מפעיל על הרצפה במקרה זה.

ג. ענה על השאלה מהסעיף הקודם (ב) אם התלמיד מפעיל כוח של 900N.

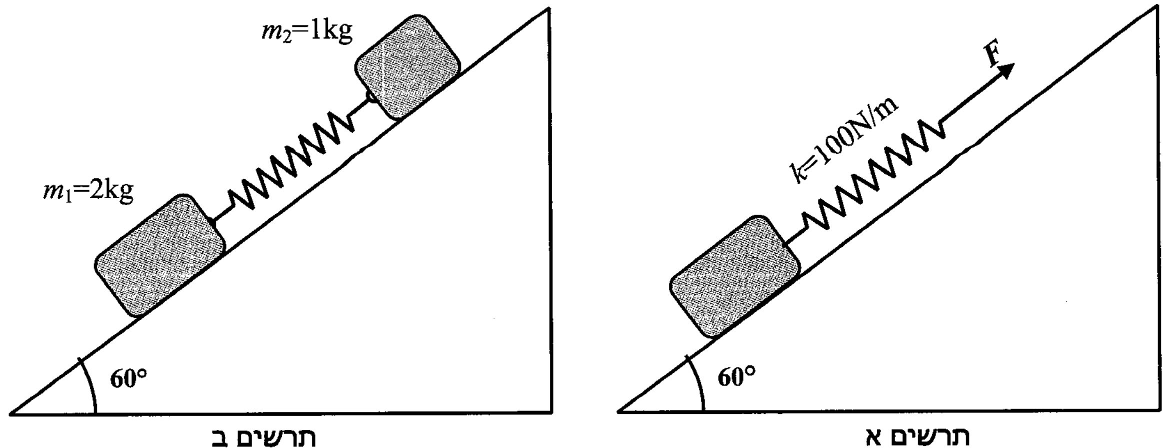
ד. תכנן מערכת דומה לזו שבתרשים ב', שבעזרתה ניתן להרים את המשקולת בכוח השווה לרבע ממשקל הגוף.

שאלה 14 \ פרק 2

תלמיד מניח תיבה שמסתה 2kg על מישור משופע לא חלק, שזווית השיפוע שלו 60°. הוא קושר את התיבה לקצה קפיץ ומושך את הקפיץ מקצהו השני במעלה המישור המשופע, כך שהקפיץ

מקביל למישור המשופע, והתיבה עדיין נמצאת במצב מנוחה (ראה תרשים א').

נתון שקבוע הקפיץ הוא $100\,N/m$ ומקדם החיכוך הסטטי בין התיבה והמשטח הוא 0.4.



תרשים ב　　תרשים א

א. העתק את תרשים א' למחברתך והוסף בו חיצים המייצגים את הכוחות הפועלים על התיבה. ליד כל חץ רשום את שם הכוח אותו הוא מייצג.

ב. חשב את גודל ההתארכות המקסימלית האפשרית עבור הקפיץ כך שהתיבה תישאר במנוחה. פרט חישוביך.

ג. התייחס למצב המתואר בתרשים א' וחשב מה צריך להיות גודלו של הכוח F המופעל על הקפיץ כלפי מעלה, על מנת שכוח החיכוך הסטטי הפועל על התיבה יתאפס. חשב את התארכות הקפיץ במצב זה. פרט את חישוביך.

ד. במצב המתואר בסעיף הקודם, מתחילים להקטין בהדרגה את הכוח F, וכתוצאה מכך התארכות הקפיץ קטנה. חשב מהי ההתארכות המינימלית המותרת עבור הקפיץ על מנת שהתיבה לא תחליק במורד המישור המשופע.

ה. קושרים כעת לקצה השני של הקפיץ תיבה שנייה שמסתה $1kg$, ומשחררים את המערכת ממנוחה על המישור המשופע, כשהקפיץ במצב רפוי (ראה תרשים ב'). המערכת נעה בתאוצה. חשב את תאוצת המערכת ואת התארכות הקפיץ. נתון שמקדם החיכוך הקינטי בין כל אחת משתי התיבות והמשטח הוא 0.3.

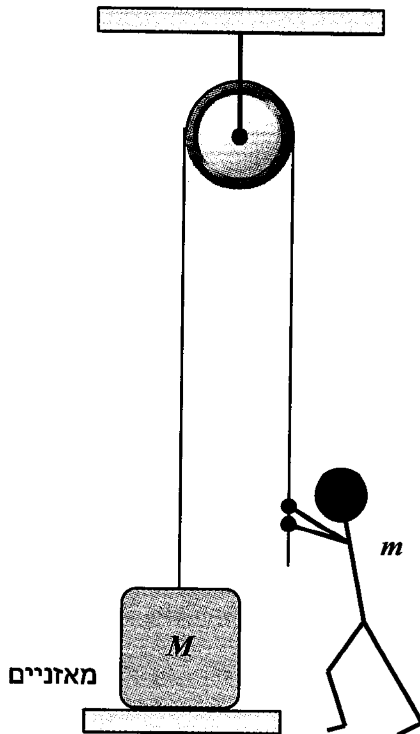
שאלה 15 \ פרק 2

תלמיד מניח תיבה שמסתה M על מאזניים, וקושר אותה לקצה חבל הכרוך סביב גלגלת אידיאלית התלויה מהתקרה באמצעות חבל אחר. התלמיד מושך את הקצה השני של החבל הקשור לתיבה כפי שמתואר בתרשים שלפניך.

התלמיד מוצא שכאשר הוא מפעיל על קצה החבל כוח שגודלו $150\,N$ כלפי מטה, קריאת המאזניים היא $290\,N$. נתון שמסת התלמיד היא $m = 40\,kg$. מסת החבלים ניתנת להזנחה.

א. חשב את מסת התיבה. פרט את חישוביך.

ב. חשב את המתיחות בחבל המחבר בין הגלגלת לתקרה במצב המתואר בסעיף הקודם.



ג. התלמיד מתחיל לטפס על החבל בתאוצה קבועה, a, כך שהתיבה נשארת על המאזניים. הסבר למה קריאת המאזניים במצב זה תקטן.

ד. חשב את קריאת המאזניים כאשר תאוצת התלמיד היא 0.25m/s^2 (ראה סעיף קודם).

ה. קבע באיזה תאוצה על התלמיד לטפס על החבל כדי שקריאת המאזניים תתאפס.

ו. נתון כי התלמיד מטפס על החבל בתאוצה גדולה פי שניים מהתאוצה שחישבת בסעיף הקודם. חשב את:

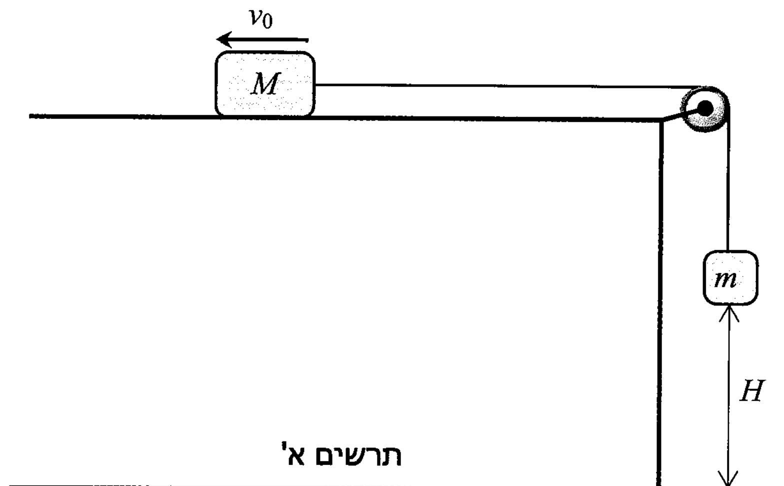
(1) המתיחות בחבל.

(2) תאוצת התיבה.

שאלה 16 \ פרק 2

תיבה שמסתה M מונחת על משטח אופקי חלק. התיבה קשורה לקצה חוט חסר מסה הכרוך סביב גלגלת אידיאלית הנמצאת בקצה המשטח (ראה תרשים א'). הקצה השני של החוט קשור למשקולת שמסתה $m=100\text{gr}$ שנמצאת באוויר. מחזיקים את המערכת במנוחה. במצב זה המשקולת נמצאת בגובה H מעל הרצפה.

ב- $t=0$ מקנים לתיבה שעל המשטח החלק מהירות v_0 בכיוון שמאלה.



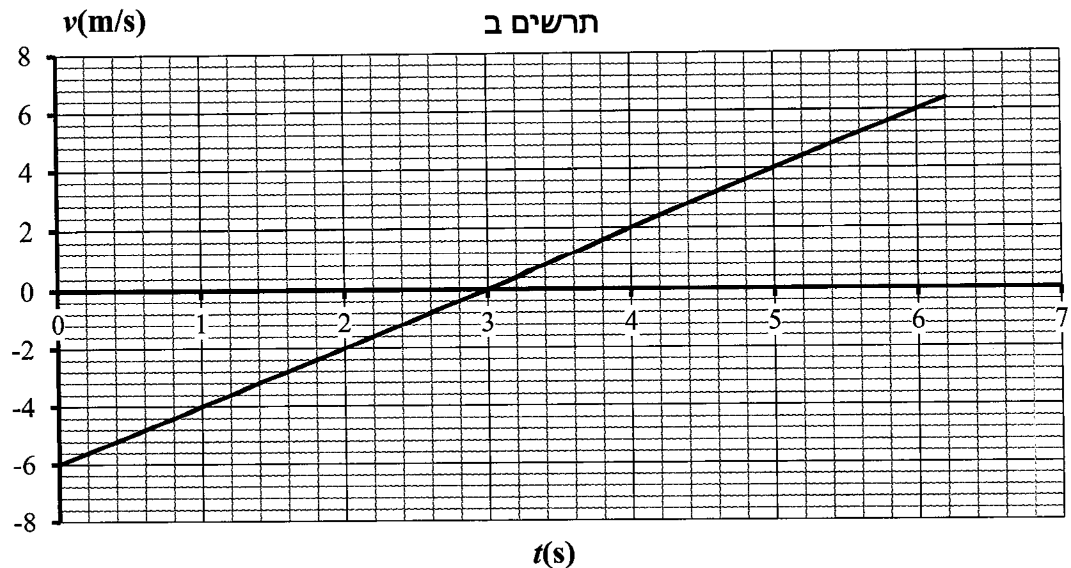
הגרף המתואר בתרשים ב' מתאר את מהירות התיבה M כפונקציה של הזמן החל מ- $t=0$ עד לרגע הגעת המשקולת m לקרקע:

א. קבע האם הכיוון החיובי שנבחר בבעיה מכוון ימינה בתרשים א' או שמאלה. הסבר את תשובתך.

ב. חשב את המהירות ההתחלתית, v_0, שקיבלה המערכת, ואת תאוצתה.

ג. חשב את מסת התיבה M.

ד. חשב את הגובה H.



חוזרים על ניסוי זה שנית, אבל הפעם המשטח אינו חלק. מקדם החיכוך הקינטי בין התיבה והמשטח הוא $\mu_k = 0.2$. המהירות ההתחלתית שמקנים לתיבה היא $v_0 = 2.4\,\text{m/s}$ לכיוון שמאל. נתון שגובה המשקולת מעל הרצפה ב-$t = 0$ הוא $H = 0.45\,\text{m}$. נתון גם שהתיבה נעה בחזרה לאחר עצירתה בתנועתה שמאלה.

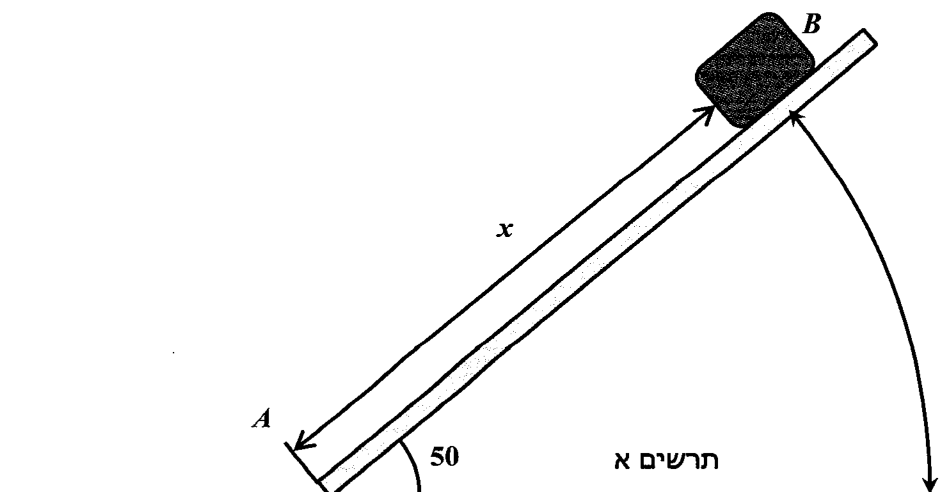
ה. חשב תאוצת המערכת בתנועתה שמאלה ואחר כך ימינה.

ו. חשב כמה זמן חלף מהרגע $t = 0$ ועד שהמשקולת m הגיעה לרצפה.

שאלה 17 \ פרק 2

קבוצת תלמידים ערכו את הניסוי הבא למדידת מקדם החיכוך הקינטי בין תיבה ומשטח מסוים:

הם יצרו מהמשטח מישור משופע שזווית השיפוע שלו 50°, הניחו את התיבה במרחק x מתחתית המישור המשופע, ושחררו את התיבה ממנוחה (ראה תרשים א'). התלמידים מדדו את t, זמן הגעתה של התיבה לתחתית המישור המשופע.



הם חזרו על הניסוי עבור ערכים שונים של x, ובכל פעם מדדו את t. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה הבאה:

$x(\text{m})$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
$t(\text{s})$	0.26	0.37	0.45	0.51	0.56

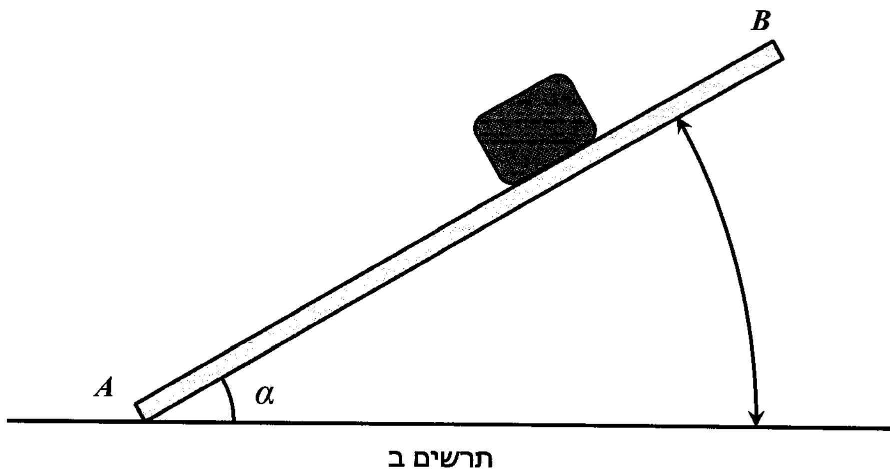
א. שרטט גרף שמאפשר את חישוב תאוצת התיבה בתנועתה על המישור המשופע.

ב. העזר בגרף ששרטטת וחשב את תאוצת התיבה.

ג. חשב את מקדם החיכוך הקינטי שבין התיבה והמשטח.

ד. אחד התלמידים חזר לבדו על הניסוי, עם אותה תיבה ובאותה זווית, ומצא בעזרת הגרף ששרטט שהתאוצה היא 9m/s^2. האם התוצאה הזו אפשרית? נמק את תשובתך.

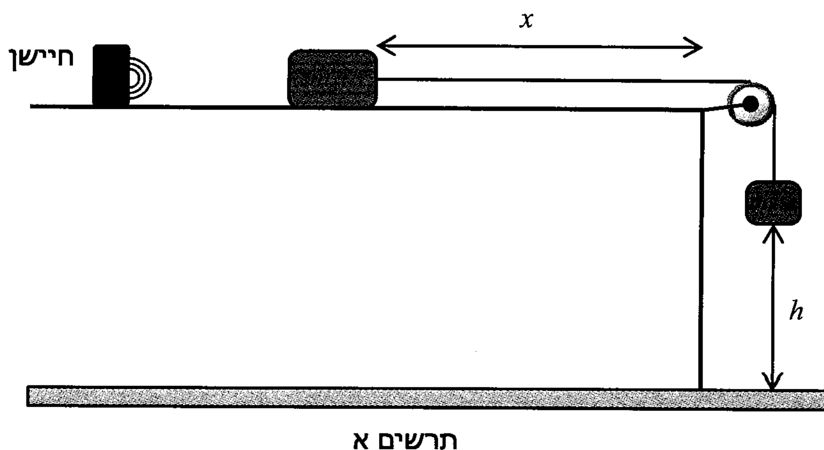
ה. כדי למדוד את מקדם החיכוך הסטטי בין התיבה למשטח, שמו התלמידים את המשטח על הרצפה במצב אופקי, והניחו עליו את התיבה. לאחר מכן התחילו להגדיל את זווית השיפוע של המשטח בהדרגה, כשהתיבה מונחת עליו כפי שמתואר בתרשים ב', עד לזווית שבה התחילה התיבה לנוע. הם מצאו שזה קורה בזווית של $42°$.
חשב את מקדם החיכוך הסטטי μ_s בין התיבה למשטח.



תרשים ב

שאלה 18 \ פרק 2

תלמיד הניח תיבה שמסתה $m_1 = 1\text{kg}$ על משטח אופקי ארוך. הוא קשר את התיבה בחוט שמסתו זניחה. החוט הועבר סביב גלגלת אידיאלית. בצד השני של החוט נקשרה משקולת שמסתה m_2 (ראה תרשים א').

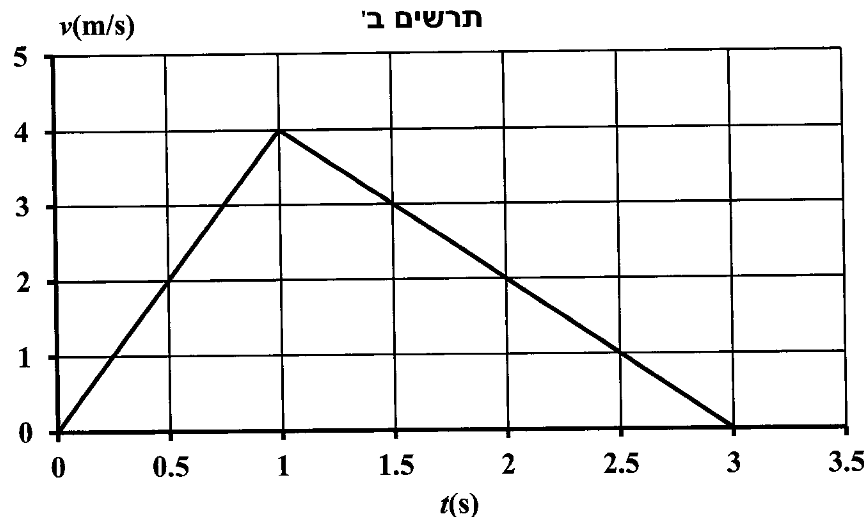


תרשים א

התלמיד החזיק את המערכת במנוחה כך שהמשקולת נמצאת בגובה h מעל הרצפה. הוא הניח חיישן, שמודד מהירות, משמאל לתיבה (ראה תרשים א').

התלמיד הפעיל את החיישן, וברגע מסוים $t=0$ שחרר את המערכת ממנוחה. המערכת התחילה לנוע בתאוצה, כשהחיישן מודד ברציפות את מהירות התיבה.

תוצאות המדידות מוצגות בתרשים ב'.



א. חשב את גובה המשקולת מעל הרצפה ברגע $t=0$ (הגובה h בתרשים א').

ב. קבע האם המשטח חלק או מחוספס. אם כן הסבר את קביעתך, אם לא חשב את מקדם החיכוך הקינטי בינו לבין התיבה.

ג. חשב את גודל המסה m_2.

ד. חשב את ההעתק הכולל של התיבה מ- $t=0$ ועד לרגע העצירה.

ה. חוזרים על אותו ניסוי, אבל הפעם עם <u>משטח חלק</u>, כאשר $h=1.6\text{m}$ ומרחק הקופסה מקצה השולחן הוא $x=3.2\text{m}$. שרטט גרף המתאר את מהירות התיבה כפונקציה של הזמן החל מרגע שחרור המערכת (ברגע $t=0$) עד לרגע הגעת התיבה לקצה השולחן.

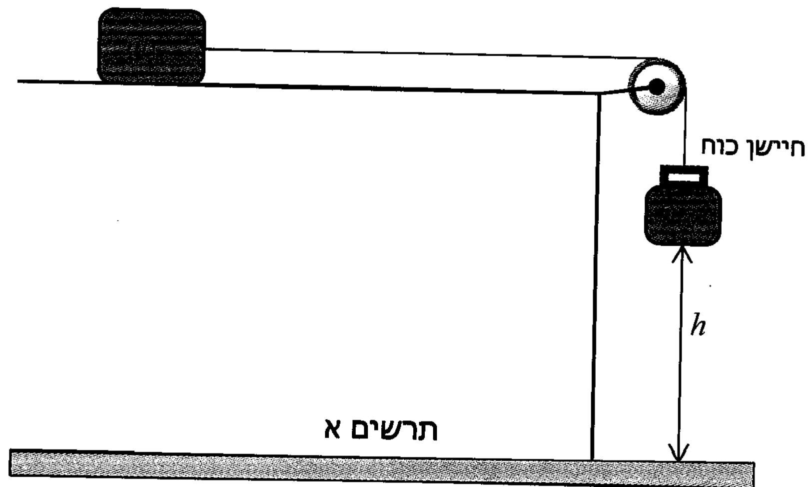
שאלה 19 \ פרק 2

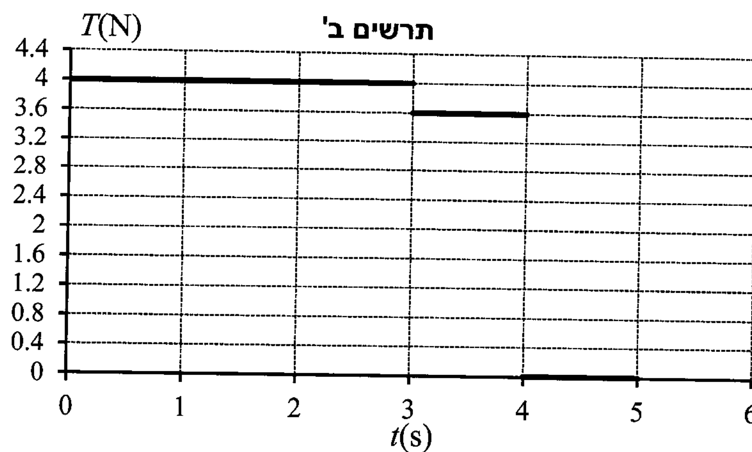
תלמיד הניח תיבה שמסתה $m_1=2\text{kg}$ על משטח אופקי וקשר אותה באמצעות חוט לחיישן כוח הצמוד למשקולת. את החוט, שמסתו זניחה, כרך התלמיד סביב לגלגלת אידיאלית (ראה תרשים א').

נתון כי מסת חיישן הכוח ביחד עם המשקולת היא m_2.

חיישן הכוח מודד את המתיחות בחוט. התלמיד החזיק את המערכת במנוחה כך שגובה המשקולת מעל הרצפה הוא h, כמתואר בתרשים א'.

ב- $t_1=0$, הפעיל התלמיד את החיישן, וב- $t_2=3\text{s}$, הוא שחרר את המערכת ממנוחה. קריאות חיישן הכוח כפונקציה של הזמן מוצגות בתרשים ב'.





א. חשב את המסה m_2 (מסת החיישן ביחד עם המשקולת).

ב. הסבר למה המתיחות בחוט קטנה לאחר שחרור המערכת.

ג. חשב את תאוצת המערכת.

ד. חשב את הגובה h ממנו החלה המסה m_2 לנוע.

ה. קבע האם המשטח חלק? אם כן הסבר כיצד ניתן להסיק זאת, אם לא חשב את מקדם החיכוך הקינטי בין התיבה למשטח (μ_k).

שאלה 20 \ פרק 2

במערכת שלפניך נתון שמסת החוטים זניחה ושהגלגלות אדיאליות.

א. קבע את היחס בין m_2 ו-m_1 אם נתון שהמערכת נמצאת במצב שיווי משקל. פרט את תשובתך.

ב. כעת נניח שמתקיים $m_1 = m_2$.

(1) קבע מהו כיוון תאוצת כל אחת משתי המסות.

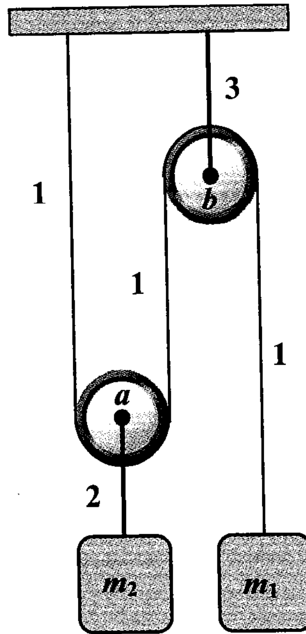
(2) חשב את היחס בין תאוצת המסה m_2 לבין תאוצת המסה m_1 $(a_2 / a_1 = ?)$.

(3) חשב את תאוצת כל אחת משתי המסות.

(4) בטא את המתיחות בחוטים 1, 2 ו-3 באמצעות הגודל m_1.

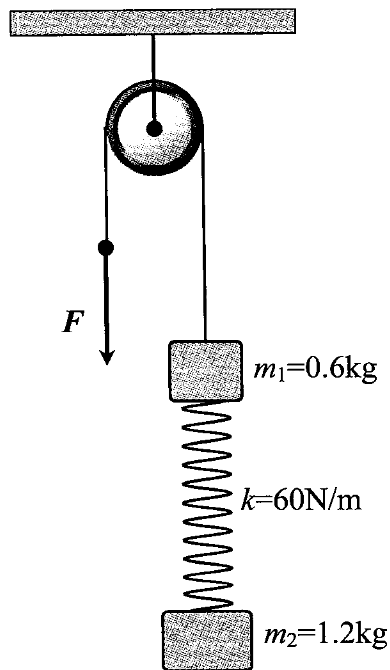
ג. קבע מה צריך להיות היחס בין המסה m_1 והמסה m_2 על מנת שהמסה m_1 תנוע בתאוצה ששווה

לתאוצה שחשבת בתת סעיף ב3, אבל בכיוון הנגדי? פרט את חישוביך.



שאלה 21 \ פרק 2

בתרשים שלפניך מתוארת מערכת ניסוי. נתון ש: $m_1 = 600\,g$, $m_2 = 1200\,g$ ושקבוע הקפיץ הוא $60\,N/m$. הגלגלת והחוטים אדיאלים, ומסת הקפיץ זניחה.



א. חשב את הכוח F שעלינו להפעיל כלפי מטה על הקצה החופשי של החוט כך שההתארכות של הקפיץ תתאפס $(\Delta\ell = 0)$.

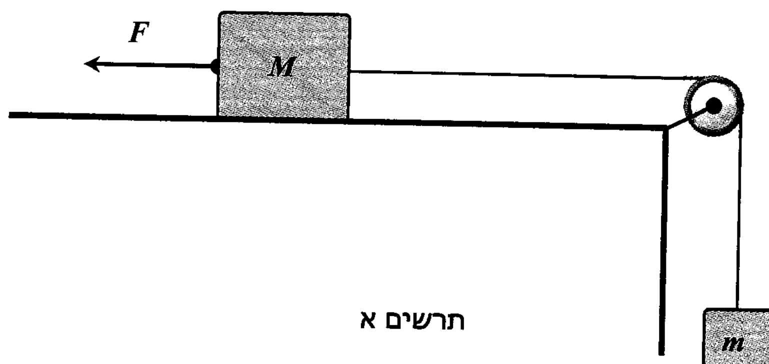
ב. חשב את גודל הכוח F שעלינו להפעיל, כך שהכוח שמפעילה המסה m_2 על הרצפה יתאפס?

ג. חשב את התארכות הקפיץ במצב המתואר בסעיף ב'.

ד. כעת מפעילים כוח הגדול פי שניים מהכוח שחישבת בסעיף ב; חשב את תאוצת המערכת ואת התארכות הקפיץ במצב הזה.

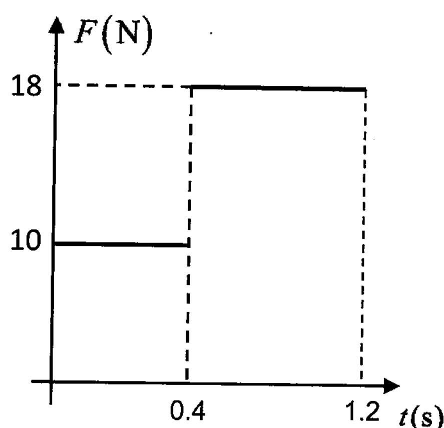
שאלה 22 \ פרק 2

מניחים תיבה שמסתה M על משטח אופקי **חלק**. קושרים את התיבה לקצה חוט שמסתו זניחה הכורך סביב גלגלת אידיאלית, ולקצה השני של החוט קושרים משקולת שמסתה m כפי שמתואר בתרשים א'. מחזיקים את המערכת במנוחה באמצעות הפעלת כוח אופקי F המכוון לכיוון שמאל (ראה תרשים א').

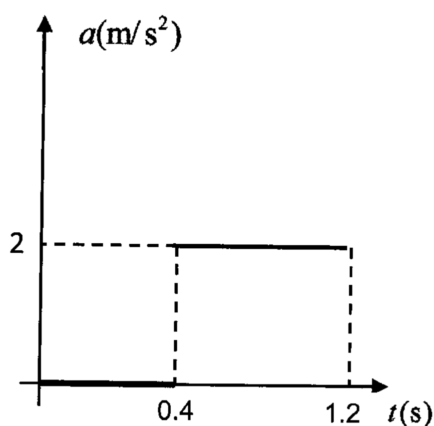


תרשים א

הגרף המוצג בתרשים ב' מתאר את הכוח F כפונקציה של הזמן, החל מרגע מסוים שנבחר להיות $t=0$. הגרף המוצג בתרשים ג' מתאר את תאוצת התיבה כפונקציה של הזמן באותו פרק זמן.



תרשים ב



תרשים ג

הנקודה בה נמצאה התיבה ברגע הפעלת הכוח F נקבעה כראשית הצירים $(x=0)$.

א. התייחס לגרפים הנתונים וקבע אם הכיוון החיובי של מערכת הצירים שנקבעה מכוון שמאלה (בכיוון הכוח F) או ימינה.

ב. חשב את גודל המסה m.

ג. חשב את גודל המסה M.

ד. חשב את מהירות המערכת ב-$t=1.2\text{s}$, וחשב את מיקום התיבה ברגע זה.

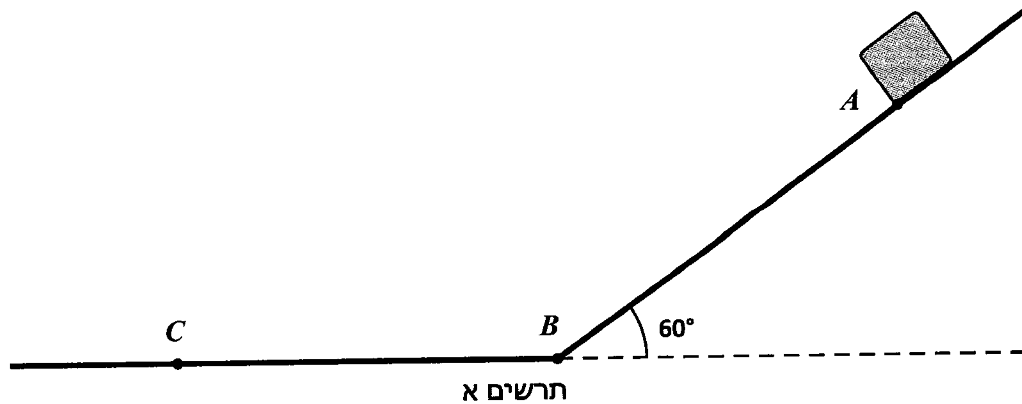
ה. ב-$t=1.2\text{s}$ הכוח F מפסיק לפעול. חשב את הזמן t שבו התיבה חוזרת לנקודת המוצא $(x=0)$

שאלה 23 \ פרק 2

נתונה תיבה שמתחילה לנוע מנקודה A במורד מישור משופע לא חלק שזווית שיפועו היא $\alpha=60^\circ$.

כשהתיבה מגיעה לקצה התחתון של המישור (נקודה B), היא ממשיכה בתנועה על משטח אופקי,

<u>לא חלק גם הוא</u>, ונעצרת בנקודה C (תרשים א').



תרשים א

הגרף המוצג בתרשים ב' מתאר את גודל מהירות התיבה כפונקציה של זמן.

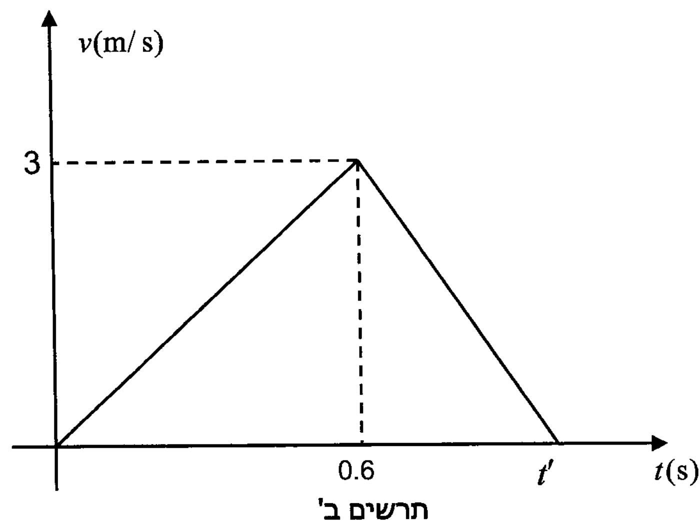
נתון שמקדם החיכוך הקניטי שבין התיבה למשטחים קבוע לאורך כל המסלול.

א. חשב אורך הקטע AB.

ב. חשב את מקדם החיכוך הקינטי.

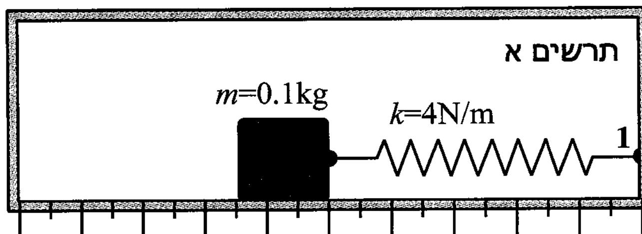
ג. חשב את אורך הקטע BC.

ד. חשב את משך הזמן t' שבתרשים ב'.



תרשים ב'

שאלה 24 \ פרק 2

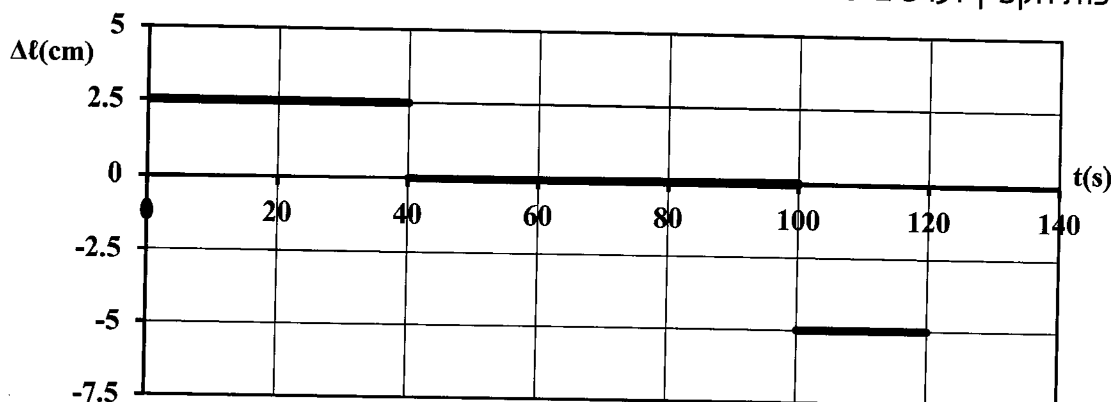


תלמיד יושב בקרון רכבת שנעה בקוו ישר. לרשות התלמיד עומד מכשיר למדידת תאוצה אותו הוא פיתח. המכשיר מורכב מקופסה שבתוכה קפיץ שקשור בקצה אחד לדופן הקופסה, ולקצה השני קשור גוף שמסתו $m = 0.1\text{kg}$. נתון שקבוע הקפיץ 4N/m. הגוף מונח על תחתית הקופסה ויכול לנוע לאורך מסילה ללא חיכוך. לאורך המסילה מוצמד סרגל המאפשר מדידה של התארכות הקפיץ (ראה תרשים א').

התלמיד הניח את המכשיר על רצפת הרכבת במצב שבו הקפיץ מקביל לכיוון תנועת הרכבת, כך

שהקצה 1 של הקפיץ (ראה תרשים א') נמצא בכיוון נסיעת הרכבת. ברגע מסוים, $t=0$, הרכבת התחילה לנוע ממנוחה, והתלמיד החל למדוד את $\Delta\ell$, השינוי באורך הקפיץ (ביחס למצבו הרפוי), כפונקציה של הזמן t.

הגרף שלפניך (תרשים ב') מתאר את תוצאות המדידות, כאשר ערכים חיוביים מתארים את התארכות הקפיץ וערכים שליליים מתארים את התכווצותו.



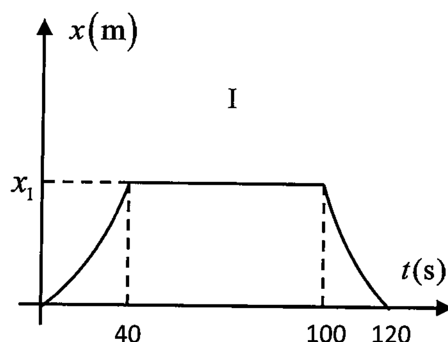
א. שרטט גרף שמתאר את תאוצת הרכבת כפונקציה של זמן מתחילת הנסיעה עד $t=120\text{s}$.

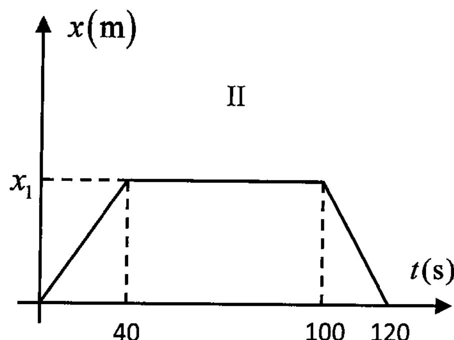
ב. שרטט גרף שמתאר את מהירות הרכבת כפונקציה של זמן מתחילת הנסיעה עד $t=120\text{s}$.

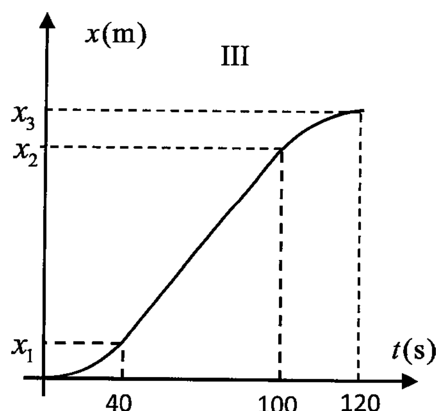
ג. תאר במלים את תנועת הרכבת.

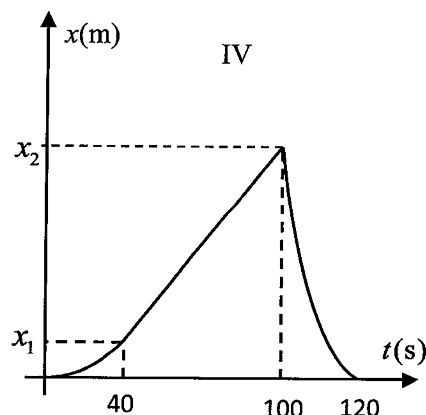
ד. חשב את העתק הרכבת בין $t=0$ ל- $t=120\text{s}$.

ה. איזה מבין הגרפים $(\text{I}-\text{IV})$ מתאר נכון את מיקום הרכבת כפונקציה של הזמן? נמק את בחירתך וחשב את ערכי x בציר האופקי של הגרף שבחרת.









שאלה 25 \ פרק 2

קושרים שתי תיבות 1 ו-2 זו לזו באמצעות חוט שמסתו זניחה, ומניחים אותן על משטח אופקי לא חלק כפי שמתואר בתרשים שלפניך. על התיבה 1 מפעילים כוח אופקי F שכיוונו ימינה (ראה תרשים). כוח זה מתחיל מאפס וגדל בהדרגה.

נתון שמקדם החיכוך הסטטי בין כל אחת מהתיבות למשטח הוא 0.6 ושמקדם החיכוך הקינטי הוא 0.4. נתון גם כי מסת התיבה 1 היא 1kg ומסת התיבה 2 היא 2kg.



א. מהו הערך המקסימלי האפשרי עבור הכוח F (F_{max}), כך שהמערכת תישאר במנוחה? פרט את חישוביך.

ב. מפעילים כוח כפול מהכוח שחישבת בסעיף הקודם. חשב את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוט במקרה זה. פרט את חישוביך.

ג. התייחס למצב המתואר בסעיף ב' וקבע על פי שיקולים פיזיקליים (ללא חישוב) על איזה מבין שתי התיבות פועל כוח שקול גדול יותר.

ד. ברגע מסוים מופסק הכוח שהופעל בסעיף ב'. חשב:
(1) תאוצת המערכת.
(2) המתיחות בחוט.

ה. חוזרים על הניסוי עם שתי תיבות אחרות, a ו-b. נתון שמקדם החיכוך הקינטי בין התיבה a והמשטח הוא $\mu_{ka}=0.25$, מקדם החיכוך הקינטי בין התיבה b והמשטח הוא $\mu_{kb}=0.5$, $m_a=2\text{kg}$ ו- $m_b=3\text{kg}$. לאחר הפסקת פעולת הכוח F, המערכת מתחילה להאט.
(1) קבע איזה מבין שתי התיבות עלינו להניח בכיוון התנועה על מנת שהחוט יהיה מתוח במהלך עצירת המערכת לאחר שהכוח F חדל לפעול? הסבר את תשובתך.
(2) חשב את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוט במהלך עצירת המערכת לאחר הפסקת הכוח F.

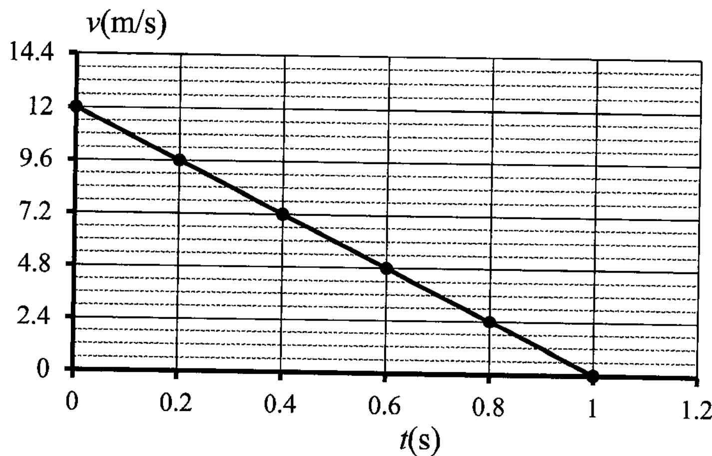
שאלה 26 \ פרק 2

אדם זורק גוף מפני הקרקע בכיוון אנכי כלפי מעלה, במהירות התחלתית של 12m/s. הוא מודד, באמצעות חיישן, את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן החל מרגע הזריקה, $t=0$, עד לרגע הגעתו לגובה המקסימלי.

תוצאות המדידות מתוארות בגרף שלפניך. נתון שמסת הגוף 0.2kg.

א. היעזר בגרף וקבע אם בבעיה זו הכיוון החיובי נקבע כלפי מעלה או כלפי מטה. נמק קביעתך.

ב. הראה, על סמך תוצאות הניסוי, שכוח החיכוך עם האוויר אינו זניח.



ג. חשב את גודל כוח החיכוך שפעל על הגוף במהלך תנועתו עד לשיא הגובה, בהנחה שכוח זה קבוע.

ד. חשב את הגובה המקסימלי אליו מגיע הגוף (ביחס לפני הקרקע).

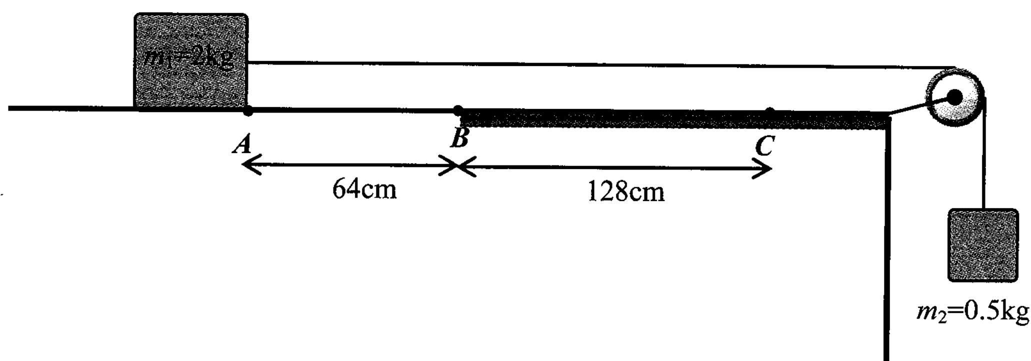
ה. חשב את הזמן שלוקח לגוף לחזור לקרקע.

ו. חשב את המהירות בה מתנגש הגוף בקרקע.

שאלה 27 \ פרק 2

מניחים תיבה שמסתה $m_1 = 2\text{kg}$ על גבי שולחן אופקי ארוך, ומחזיקים אותה במנוחה בנקודה A. קושרים את התיבה באמצעות חוט אופקי הכרוך סביב גלגלת למסה שנייה $m_2 = 0.5\text{kg}$, התלויה באוויר. נתון שמסת החוט זניחה והגלגלת אידיאלית.

ברגע $t = 0$ משחררים את התיבה בנקודה A, והיא מתחילה לנוע על פני השולחן ללא השפעת כוח חיכוך עד לנקודה B הנמצאת במרחק 64cm מהנקודה A. לאחר מכן, המשטח נעשה מחוספס. כתוצאה מכך המערכת מאיטה, והתיבה נעצרת בנקודה C הנמצאת במרחק 128cm מהנקודה B (ראה תרשים).



א. שרטט גרף שמתאר את מהירות התיבה כפונקציה של הזמן מ- $t = 0$ עד לרגע עצירתה.

ב. חשב את כוח החיכוך הקינטי שפעל על התיבה בקטע BC, וחשב את מקדם החיכוך הקינטי μ_k.

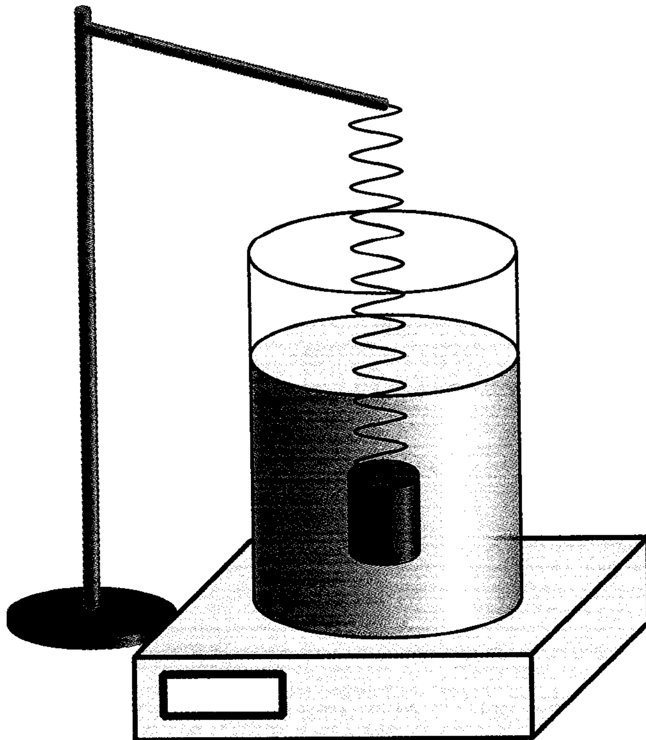
ג. חשב את המתיחות בחוט כשהתיבה m_1 נמצאת:

(1) בתנועה מ-A ל- B

(2) בתנועה מ-B ל- C

(3) לאחר העצירה בנקודה C.

שאלה 28 \ פרק 2



תולים קפיץ על מעמד ובקצהו השני תולים משקולת שמסתה 1.2kg. כתוצאה מכך מתארך הקפיץ ב- 12cm. לאחר מכן מכניסים את המשקולת כשהיא עדיין תלויה על הקפיץ לתוך נוזל שנמצא בתוך מיכל המונח על מאזניים כפי שמתואר בתרשים. המשקולת לא נוגעת בתחתית המכל או בדפנותיו.

כתוצאה מהכנסת המשקולת לתוך הנוזל, התארכות הקפיץ פחתה לכדי 10cm. זה קורה כתוצאה מהכוח שהנוזל הפעיל על המשקולת כלפי מעלה. כוח זה נקרא כוח עילוי ומסומן ב- F_B (מלועזית: buoyant force).

נתון שמסת המכל כולל הנוזל שבתוכו היא $M = 1.4\text{kg}$.

א. חשב את קבוע הקפיץ.

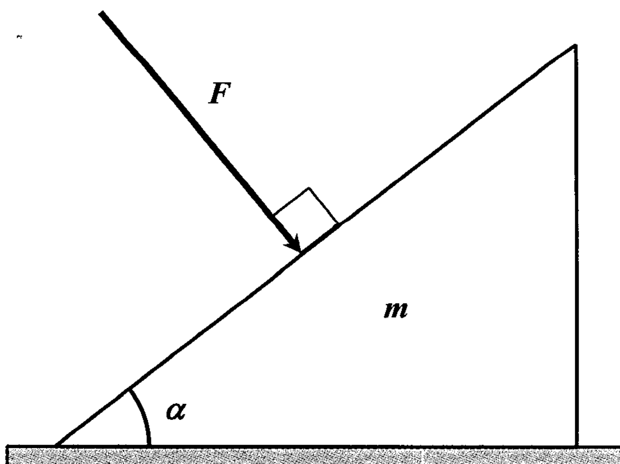
ב. חשב את גודלו של כוח העילוי שהנוזל מפעיל על המשקולת שנמצאת בתוכו.

ג. חשב את קריאת המאזניים לפני ואחרי הכנסת המשקולת אל תוך הנוזל.

ד. מחליפים את המשקולת התלויה בקצה הקפיץ בגוף אחר שמסתו 0.1kg, ומכניסים את הגוף אל אותו הנוזל. כתוצאה מכך מוצאים כי הקפיץ התכווץ ב- 4cm ביחס לאורכו במצב רפוי. חשב את כוח העילוי שפועל על הגוף במצב זה. פרט את חישוביך.

ה. חשב את קריאת המאזניים בסעיף הקודם.

שאלה 29 \ פרק 2



מניחים מנסרה ישרת זווית על משטח אופקי לא חלק. מפעילים על המנסרה כוח F הניצב למשטח הנטוי של המנסרה ועובר דרך מרכזה (ראה תרשים).

נתון שהמשטח הנטוי של המנסרה יוצר זווית α עם המשטח האופקי, שמסת המנסרה m ושמקדם החיכוך הסטטי בין המנסרה למשטח האופקי הוא μ_s.

א. מצא את הכוח הנורמלי, N, שהמשטח

האופקי מפעיל על המנסרה. בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה.

ב. מצא את כוח החיכוך הסטטי, f_s, שהמשטח האופקי מפעיל על המנסרה. בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה.

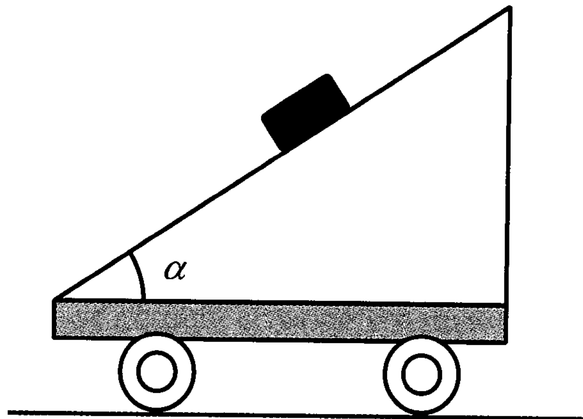
ג. מצא את הערך הגדול ביותר המותר עבור הכוח F (F_{max}) כך שהמנסרה תישאר במנוחה.

ד. הוכח שאם מתקיים: $\tan\alpha \le \mu_s$, לא ניתן להניע את המנסרה בהשפעת הכוח F, לא משנה כמה הוא גדול.

ה. הסבר, בהסתמך על תשובתך לסעיף הקודם, למה משתמשים בגופים בעלי צורת מנסרה לתמיכת גופים בעלי משקל רב.

שאלה 30 \ פרק 2

מניחים תיבה שמסתה m על משטח משופע חלק המהודק על עגלה הנמצאת על מישור אופקי כפי שמתואר בתרשים. נתון שזווית השיפוע של המישור המשופע היא α.



א. מצא את תאוצת התיבה על המישור המשופע כאשר מחזיקים את העגלה במנוחה. בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה.

מפעילים על העגלה כוח אופקי וגורמים לה לנוע בתאוצה קבועה לכיוון שמאל בתרשים הנ"ל.

ב. בטא, באמצעות נתוני השאלה, את גודל התאוצה הדרושה לעגלה, כך שהתיבה לא תחליק על המשטח המשופע (כלומר תישאר במנוחה ביחס למישור המשופע).

ג. התייחס לתיבה ותאר מה קורה כאשר:

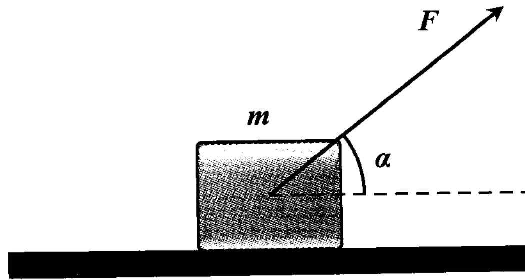
(1) העגלה נעה בתאוצה גדולה יותר מהתאוצה שחישבת בסעיף ב'.

(2) העגלה נעה בתאוצה קטנה יותר מהתאוצה שחישבת בסעיף ב'.

שאלה 31 \ פרק 2

מניחים גוף שמסתו m על משטח אופקי **לא חלק**. מפעילים על הגוף כוח F שיוצר זווית α עם המישור האופקי כפי שמתואר בתרשים.

נתון שבמצב זה הגוף נמצא במנוחה. מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין הגוף למשטח הם μ_s ו- μ_k, בהתאמה.



א. ציין את הכוחות הפועלים על הגוף. היעזר בתרשים כוחות.

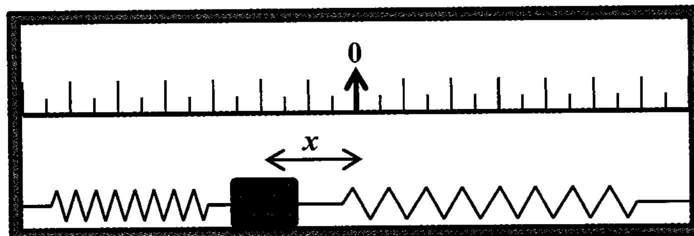
ב. בטא, באמצעות נתוני השאלה, את הכוח הנורמלי ואת כוח החיכוך הסטטי שהמשטח מפעיל על הגוף.

ג. בטא, באמצעות נתוני השאלה, את הערך המקסימלי עבור הכוח F (F_{max}) כך שהגוף יימצא עדיין במנוחה.

ד. מפעילים כוח גדול יותר מהכוח שחישבת בסעיף הקודם. כתוצאה מכך הגוף נע בתאוצה. לאחר מכן מפעילים כוח קבוע הגורם לגוף לנוע במהירות קבועה. חשב את הגודל של כוח זה. בטא את תשובתך באמצעות נתוני הבעיה או חלקם.

שאלה 32 \ פרק 2

בתרשים שלפניך מתואר מכשיר שמשמש למדידת תאוצה. המכשיר מורכב ממשקולת שמסתה m המונחת על תחתית קופסה חלקה, וקשורה לשני קפיצים זהים. הקצוות האחרים של הקפיצים קשורים לשתי דפנות מקבילים של הקופסה, כך שהקפיצים נמצאים על קו ישר לאורך הקופסה.
נתון שבמצב שווי משקל (כאשר התאוצה אפס) הקפיצים נמצאים במצב רפוי (כל אחד מהם באורך המקורי), וקריאת המכשיר אפס. נתון גם שהקבוע של כל אחד משני הקפיצים הוא k.



מניחים את המכשיר במכונית הנוסעת בתאוצה, כך שהקפיצים מקבילים לכיוון תנועת המכונית, ומגלים שהמשקולת סוטה מנקודת שווי המשקל, המסומנת ב-0, בשיעור x (ראה תרשים).

א. התייחס למצב המתואר בתרשים וקבע אם תאוצת המכונית היא בכיוון תזוזת המשקולת, או בכיוון ההפוך. הסבר קביעתך.

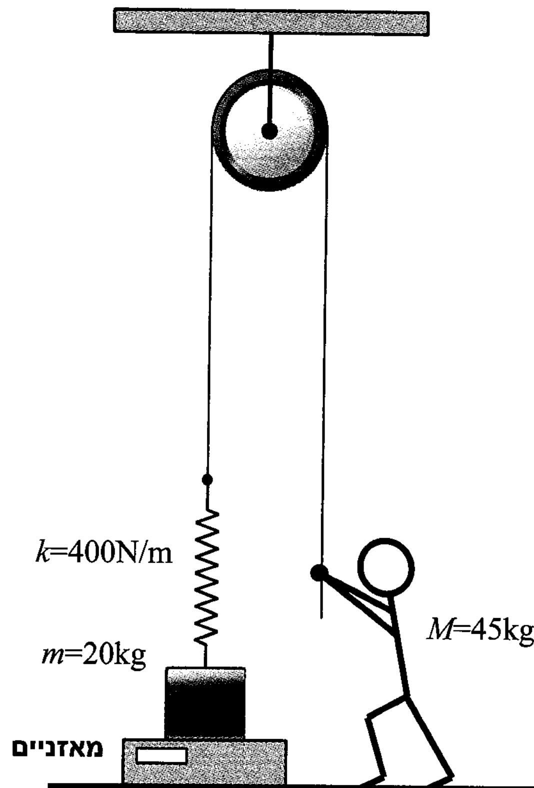
ב. קבע את הכיוון של מהירות המכונית במצב המתואר בסעיף א'.

ג. בטא את תאוצת המכונית באמצעות הגדלים: k, x ו- m.

ד. מניחים את המכשיר בתוך מעלית העולה בתאוצה קבועה a, כשהקפיצים מקבילים לכיוון תנועת המעלית. חשב את הגודל x במצב זה. בטא את תשובתך באמצעות הגדלים: k, a ו- m.

שאלה 33 \ פרק 2

תלמיד מניח גוף על מאזניים וקושר אותו לקצה קפיץ. את הקצה השני של הקפיץ הוא מחבר לחבל שמסתו זניחה הכרוך סביב גלגלת אידיאלית התלויה מהתקרה, ואוחז בקצה החופשי של החבל (ראה תרשים).



נתון שמסת הגוף $m = 20\text{kg}$, מסת התלמיד $M = 45\text{kg}$ וקבוע הקפיץ $k = 400\,\text{N/m}$.

א. בשלב ראשון התלמיד מפעיל על קצה החבל כוח שכיוונו כלפי מטה. כתוצאה מכך הקפיץ מתארך ב- 10cm.

(1) חשב את גודל הכוח שהתלמיד מפעיל על החבל.

(2) חשב את הכוח שהתלמיד מפעיל על הקרקע.

(3) חשב את קריאת המאניים.

ב. בשלב שני התלמיד מפעיל על קצה החבל כוח שונה, אף הוא כלפי מטה, וגורם בכך לקריאת המאזניים להתאפס.

(1) חשב את גודל הכוח שהתלמיד מפעיל על החבל במצב הזה.

(2) חשב את הכוח שהתלמיד מפעיל על הקרקע במצב זה.

ג. בשלב שלישי, התלמיד מושך את החבל וגורם לגוף לעלות כלפי מעלה בתאוצה של $2\,\text{m/s}^2$.

(1) חשב את התארכות הקפיץ במצב הזה.

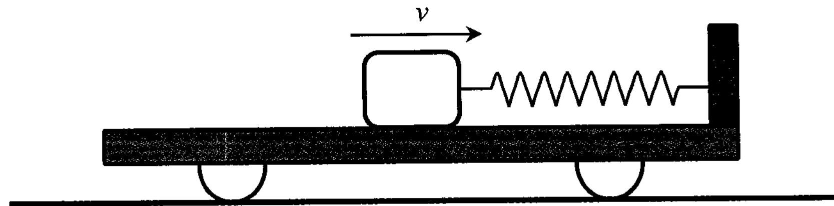
(2) חשב את הכוח שהתלמיד מפעיל כעת על הקרקע.

ד. חשב מהו גודל התאוצה בה הגוף יעלה כלפי מעלה שגורמת לכך שהכוח שהתלמיד מפעיל על הקרקע יתאפס.

ה. חשב את התארכות הקפיץ במצב המתואר בסעיף הקודם.

שאלה 34 \ פרק 2

במהלך ניסוי בדינמיקה, מניחים גוף המחובר לקפיץ על גבי קרונית. את הקצה השני של הקפיץ מחברים לדופן הקרונית, כמתואר בתרשים שלפניך.



נתון שמסת הגוף היא $m = 0.5\text{kg}$, מסת הקרונית $M = 1.5\text{kg}$ וקבוע הקפיץ $k = 40\,\text{N/m}$. בין הגוף והקרונית אין חיכוך.

א. נתון שהקרונית נעה על משטח אופקי במהירות קבועה. חשב את התארכות הקפיץ במצב זה.

ב. מפעילים על הקרונית כוח אופקי הגורם לה לנוע בתאוצה קבועה של $2\,\text{m/s}^2$ בכיוון ימין. חשב את התארכות הקפיץ במצב זה.

ג. נתון שבמצב אחר הקפיץ הקשור לגוף התכווץ בשיעור $10\,\text{cm}$.
1) חשב את תאוצת הקרונית (גודל וכיוון).
2) קבע מהו כיוון תנועת הקרונית.

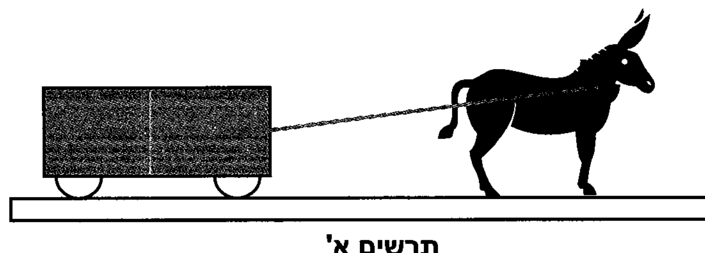
ד. חשב את גודל הכוח שהופעל בסעיף הקודם על הקרונית וקבע את כיוונו (ימינה או שמאלה).

שאלה 35 \ פרק 2

על פי החוק השלישי של ניוטון, כאשר מתרחשת אינטראקציה בין שני גופים הם מפעילים אחד על השני כוחות השווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם. שני כוחות אלה נקראים כוחות פעולה ותגובה, או כוחות אינטראקציה.

א. ציין דוגמאות המראות שכוחות הפעולה והתגובה אכן שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.

ב. אחד התלמידים שואל: אם כוחות הפעולה והתגובה שווים בגודלם והפוכים בכיוונם, איך מצליח החמור המתואר בתרשים א' שלפניך לגרור את העגלה, הרי הכוח שהחמור מפעיל על העגלה שווה בגודלו והפוך בכיוונו לכוח שהעגלה מפעילה עליו. השב לו.

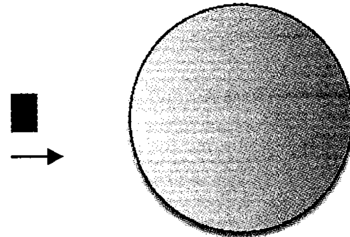


תרשים א'

ג. הסבר מדוע כוח הפעולה וכוח התגובה אינם מבטלים האחד את השני למרות שהם שווים בגודל והפוכים בכיוון?

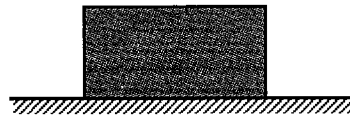
ד. בתרשים ב' מתואר גוף קטן הנופל אל פני כדור הארץ:

1. ציין מהם כוחות הפעולה והתגובה שפועלים במערכת זו?
2. הסבר מדוע הגוף הוא שנע (נופל) בכיוון כדור הארץ, ולא שניהם נעים זה לקראת זה בהשפעת הכוחות השווים בגודלם והמנוגדים בכיוונם שכל אחד מהם מפעיל על השני.

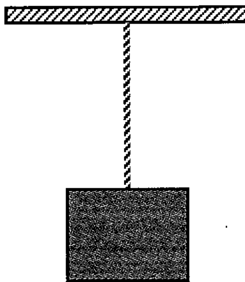


תרשים ב'

ה. נתון גוף שמסתו m. מניחים אותו על משטח אופקי כפי שמתואר בתרשים ג', ולאחר מכן תולים אותו לתקרה באמצעות חוט כפי שמתואר בתרשים ד'. ציין בכל אחד משני המקרים את הכוחות הפועלים על גוף, וקבע מהם כוחות התגובה לכל אחד מהכוחות שציינת.



תרשים ג'



תרשים ד'

ו. תלמיד מנסה לקרוע חבל. הוא קשר קצה אחד של החבל לקיר ומשך בקצה השני של החבל בכוח של 200 N כפי שמתואר בתרשים ה', אך הוא לא הצליח לקרוע אותו. לכן הוא ניסה דרך אחרת. הוא אחז בקצה אחד של החבל וביקש מחבר שלו לאחוז בקצה השני, וכל אחד מהם משך בכוח של 200 N כלפי חוץ כפי שמתואר בתרשים ו'. קבע האם הסיכוי שהחבל ייקרע כעת הוא גדול יותר, קטן יותר או זהה לסיכוי במקרה הראשון. הסבר את תשובתך.



תרשים ה'

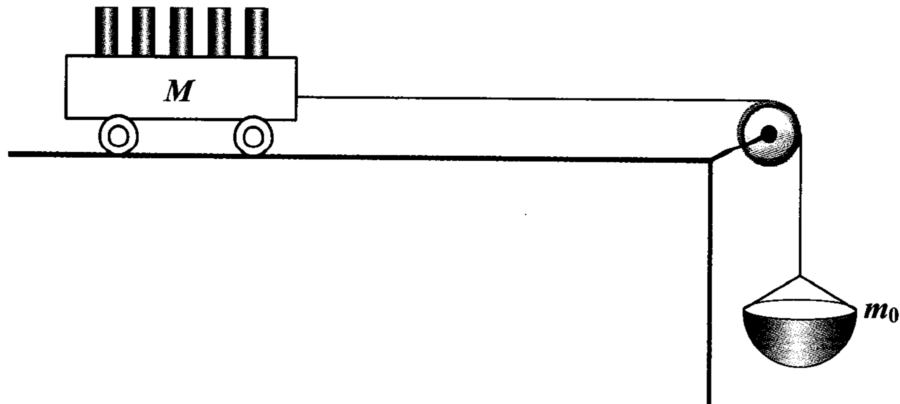
תרשים ו'

שאלה 36 \ פרק 2

המערכת המתוארת בתרשים שלפניך מורכבת מעגלה המכילה מספר משקולות המונחת על שולחן אופקי חלק. העגלה קשורה לקצה חוט שמסתו זניחה. החוט כרוך סביב גלגלת אידיאלית וקשור

בקצהו השני לסל התלוי באוויר. חלק החוט הנמצא בין העגלה והגלגלת מקביל למשטח.

נתון שמסת הסל הריק היא m_0 ומסת העגלה כולל המשקולות שבתוכה היא M.



תלמידה עורכת את הניסוי הבא: היא מחזיקה את המערכת במנוחה, מעבירה משקולת מהעגלה אל הסל, משחררת את המערכת ומודדת את תאוצתה. התלמידה חוזרת על ניסוי זה מספר פעמים כשבכל פעם היא מעבירה משקולת מהעגלה את הסל.

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות: התאוצה a כפונקציה של מסת הסל m (כולל את מסת המשקולות שבתוכה).

m(kg)	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7
a(m/s^2)	2.0	3.2	4.4	5.6	6.8

א. בטא באמצעות נתוני השאלה את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוט.

ב. שרטט גרף שמתאר את התאוצה a כפונקציה של מסת הסל (כולל המשקולות), m.

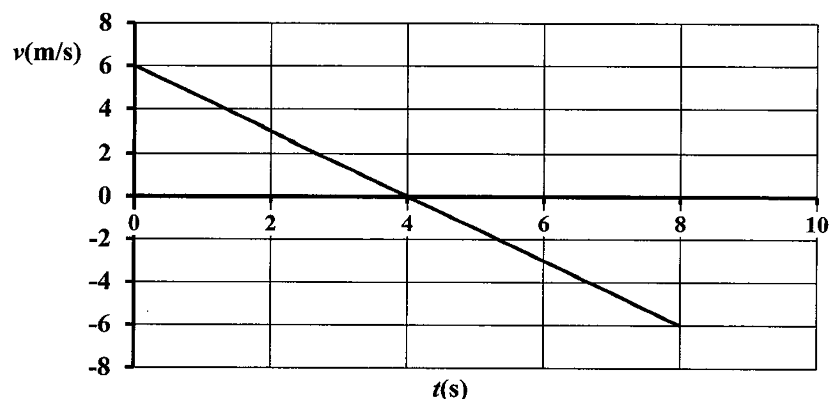
ג. קבע מה מייצג שיפוע הגרף ששרטטת? הסבר.

ד. חשב את המסה הכוללת של המערכת (מסת העגלה, הסל והמשקולות).

ה. מהו הערך המקסימלי של התאוצה המתקבלת בניסוי זה אם ידוע שמסת העגלה (ללא המשקולות) היא 0.5kg.

שאלה 37 \ פרק 2

במהלך ניסוי, הודפים גוף ב- $t=0$ במעלה משטח משופע במהירות התחלתית מסוימת. הגרף שלפניך מתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן החל מ- $t=0$.

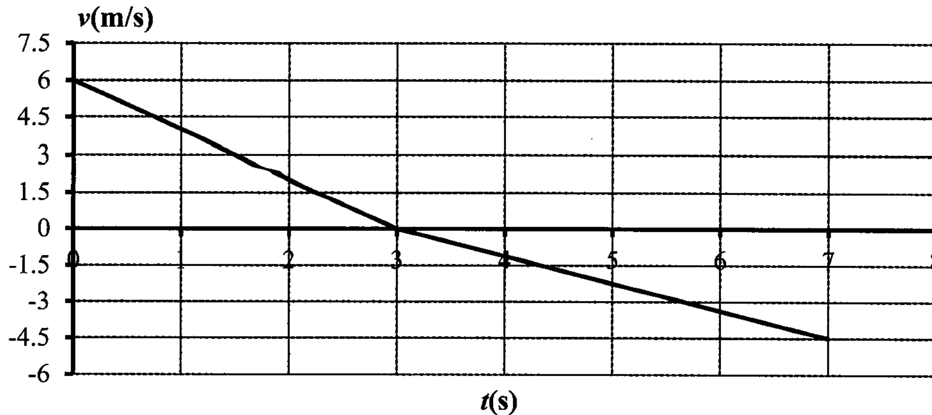


א. קבע האם המשטח חלק או לא? הסבר את קביעתך.

ב. חשב את תאוצת הגוף.

ג. חשב את זווית השיפוע של המשטח.

בניסוי דומה אחר על מישור משפוע אחר התקבל הגרף הבא שמתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן:



הגוף עלה עד לנקודה מסוימת וירד אל נקודת המוצא.

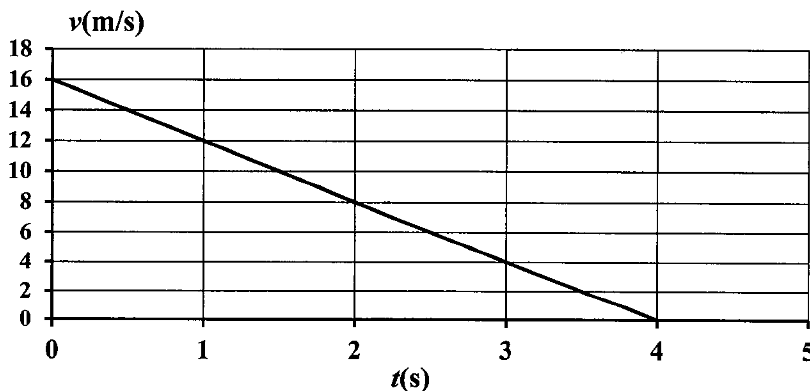
ד. חשב את תאוצת הגוף בעליה ובירידה.

ה. בטא את תאוצת הגוף בעליה ובירידה באמצעות השיפוע α של המשטח ומקדם החיכוך הקינטי μ_k בין הגוף והמשטח.

ו. היעזר בשני הסעיפים ד' ו-ה' וחשב את מקדם החיכוך הקינטי וזווית השיפוע של המישור המשופע.

שאלה 38 \ פרק 2

מניחים גוף שמסתו 2kg בנקודה A על משטח משופע לא חלק הנטוי בזווית של 20°. ברגע מסוים $(t=0)$ מקנים לגוף מהירות התחלתית בכיוון מעלה המשטח. הגרף שלפניך מתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן החל מ-$t=0$ ועד רגע עצירתו בנקודה B.



א. חשב את תאוצת הגוף.

ב. חשב את מקדם החיכוך הקניטי בין הגוף למשטח?

ג. חשב את העתק הגוף במעבר מהנקודה A לנקודה B.

ד. חשב את מקדם החיכוך הסטטי הקטן ביותר בין הגוף והמשטח שעבורו הגוף לא ימשיך לנוע לאחר עצירתו בנקודה B.

נתון כעת כי מקדם החיכוך הסטטי בין הגוף והמשטח קטן מהערך שחישבת בסעיף ד'.

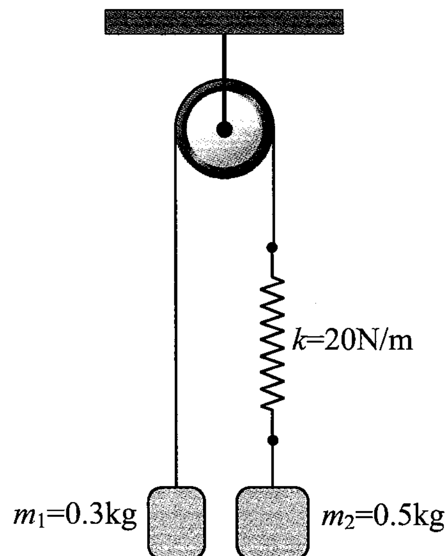
ה. חשב תאוצת הגוף בזמן החזרה (שים לב! הכיוון החיובי נקבע בכיוון מעלה).

ו. חשב את הזמן הדרוש לגוף כדי לחזור לנקודה A.

ז. חשב את מהירות הגוף בהגיעו שוב לנקודה A.

שאלה 39 \ פרק 2

במערכת המתוארת להלן נתון כי: $m_1 = 0.3\text{kg}$, $m_2 = 0.5\text{kg}$ ושקבוע הקפיץ הוא 20N/m. נתון גם שהגלגלת והחוטים אידיאלים, ושמסת הקפיץ זניחה.



א. תלמיד אוחז במסה m_1 ומחזיק את המערכת במנוחה. חשב את התארכות הקפיץ במצב הזה.

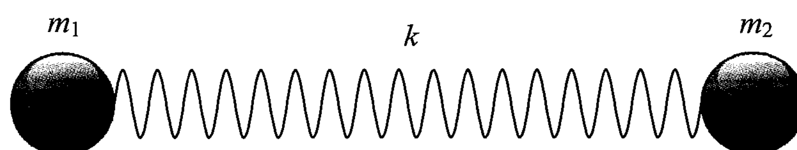
ב. חשב את גודל וכיוון הכוח שהתלמיד מפעיל על המסה m_1 במצב המתואר בסעיף הקודם.

ג. התלמיד מגלה שלאחר שהוא משחרר את המערכת התארכות הקפיץ קטנה. הסבר מדוע זה קורה. ענה על סעיף זה על סמך שיקולים פיזיקליים בלבד ולא על ידי פתרון מספרי.

ד. חשב את התארכות הקפיץ במצב המתואר בסעיף ג'.

שאלה 40 \ פרק 2

קושרים את שני הכדורים 1 ו-2 לשני הקצוות של קפיץ כמתואר בתרשים שלפניך ומניחים את המערכת המתקבלת על גבי משטח חלק.



במצב שבו הקפיץ רפוי, מחזיקים את שני הכדורים ומרחיקים אותם זה מזה כך שהמרחק ההתחלתי

ביניהם גדל בשיעור x, ולאחר מכן משחררים אותם.

נתון שמסת הכדור 1 היא m_1 ומסת הכדור 2 היא m_2, ונתון שמתקיים $m_1 = 2m_2$.

קבע איזה מבין המשפטים הבאים נכון, והסבר את קביעתך. (יכול להיות יותר ממשפט אחד נכון).

א. הכוח שהקפיץ מפעיל על הכדור 2 קטן פי 2 מהכוח שהוא מפעיל על כדור 1.

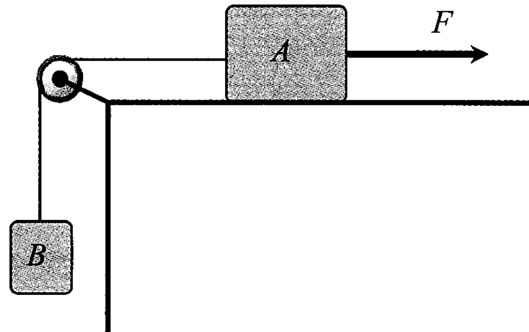
ב. גודל תאוצת המסה m_1 שווה לגודל תאוצת המסה m_2.

ג. כעבור זמן מסוים t גודל מהירות המסה m_2 יהיה גדול פי 2 מגודל מהירות המסה m_1.

ד. כעבור זמן מסוים t המסה m_2 עוברת מרחק גדול פי 2 מהמרחק שעוברת אותו המסה m_1.

שאלה 41 \ פרק 2

תלמיד בונה את מערכת הניסוי המתוארת בתרשים שלפניך. המערכת מורכבת מתיבה A המונחת על שולחן אופקי חלק וקשורה באמצעות חוט למשקולת B הנמצאת באוויר. מסת החוט זניחה, והוא כרוך סביב גלגלת אידיאלית הנמצאת בקצה השולחן (ראה תרשים).



התלמיד הפעיל על התיבה A כוח אופקי F בכיוון ימין הגורם לתיבה (וביחד אתה המשקולת) לנוע בתאוצה בכיוון ימין. התלמיד מודד את תאוצת המערכת ורושם את ערכי הכוח המופעל והתאוצה. לאחר מכן הוא חוזר על אותה פעולה מספר פעמים כשבכל פעם הוא משנה את גודל הכוח F.

תוצאות המדידות שערך התלמיד מוצגות בטבלה שלפניך:

$F(\mathrm{N})$	3	3.5	4	4.5	5	5.5
$a(\mathrm{m/s^2})$	1.5	2.5	3.5	4	5	6

א. קבע איזה מבין המשתנים F ו-a הוא המשתנה התלוי בניסוי זה.

ב. על סמך הטבלה וקביעתך בסעיף הקודם, שרטט גרף המתאר את תוצאות הניסוי.

ג. הסבר מה מייצגת נקודת חיתוך הגרף עם הציר האופקי בגרף ששרטטת.

ד. היעזר בגרף ששרטטת וחשב את מסת הגוף B.

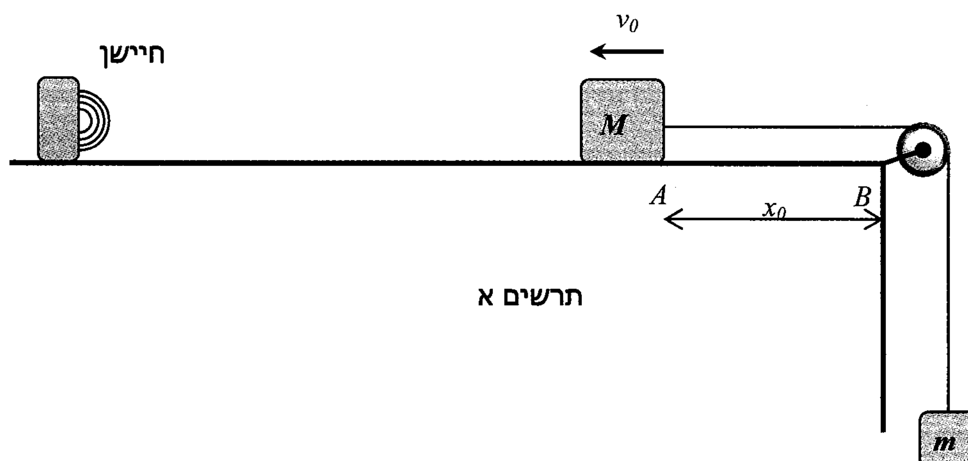
ה. פתח, על סמך שיקולים פיזיקליים, את הקשר המתאר את תאוצת המערכת, a, כפונקציה של הכוח, F. בטא את תשובתך באמצעות מסת התיבה m_A ומסת המשקולת m_B.

ו. חשב את מסת התיבה A.

ז. התלמיד חוזר על אותו ניסוי עם אותה משקולת B, אבל עם תיבה A שמסה גדולה יותר. תאר מהם השינויים בגרף המתקבל במקרה זה לעומת הגרף המתקבל בניסוי הקודם.

שאלה 42 \ פרק 2

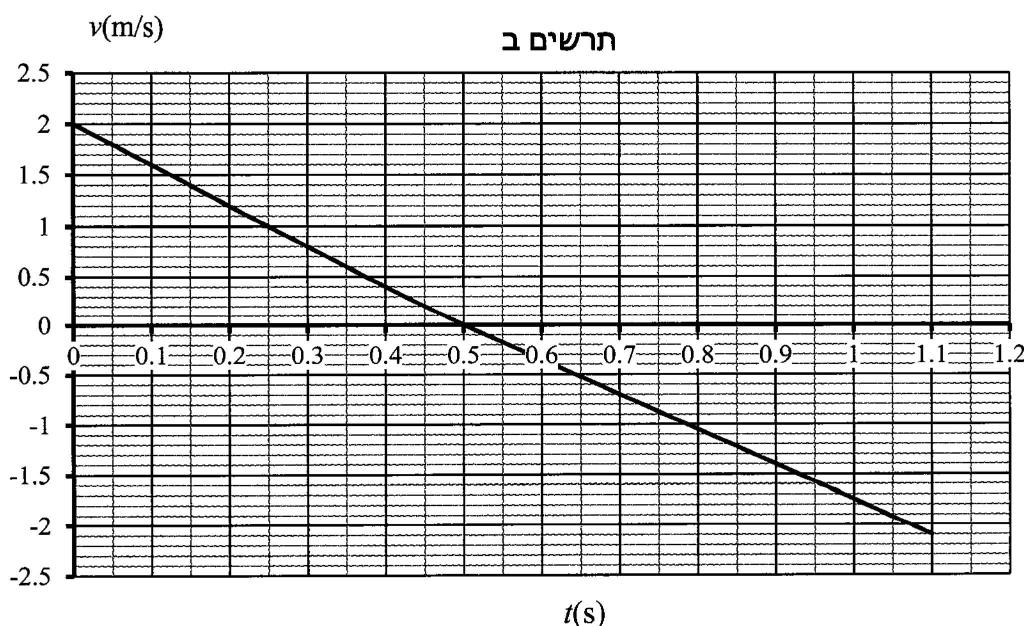
מניחים גוף שמסתו $M = 0.5\text{kg}$ בנקודה A שעל גבי שולחן אופקי. נקודה זו נמצאת במרחק x_0 מקצה השולחן המסומן באות B כפי שמתואר בתרשים א'. מחברים את הגוף M למשקולת שמסתה m באמצעות חוט הכרוך סביב גלגלת הנמצאת בקצה השולחן (בנק' B). נתון כי מסת החוט זניחה וכי הגלגלת אידיאלית. על השולחן, משמאל לגוף M, מצוי חיישן למדידת מהירות (ראה תרשים א).



תרשים א

מחזיקים את הגוף במנוחה, וברגע מסוים (שנקבע להיות $t = 0$) מקנים לו מהירות התחלתית v_0 בכיוון החיישן. הגוף נע ומאט עד לעצירתו בנקודה מסויית (לפני הגעתו לחיישן), וחוזר עד לנקודה B. במהלך כל התנועה החיישן מודד את מהירות הגוף.

הגרף שלפניך מציג את תוצאות המדידות: מהירות הגוף החל מ-$t = 0$ עד הרגע שבו הגוף מגיע לנקודה B. נתון שהמשטח לא חלק ומקדם החיכוך הקינטי בין הגוף M למשטח הוא μ_k.



א. היעזר בגרף וקבע אם הכיוון החיובי בבעיה זו נקבע מ-A ל-B, או בכיוון ההפוך.

ב. בטא את תאוצת המערכת בכל אחד משני שלבי תנועתה באמצעות הגדלים M, m, μ_k ו-g.

ג. חשב את תאוצת המערכת בשני שלבי התנועה.

ד. חשב את מסת המשקולת m ומקדם החיכוך הקינטי שבין הגוף לשולחן, μ_k.

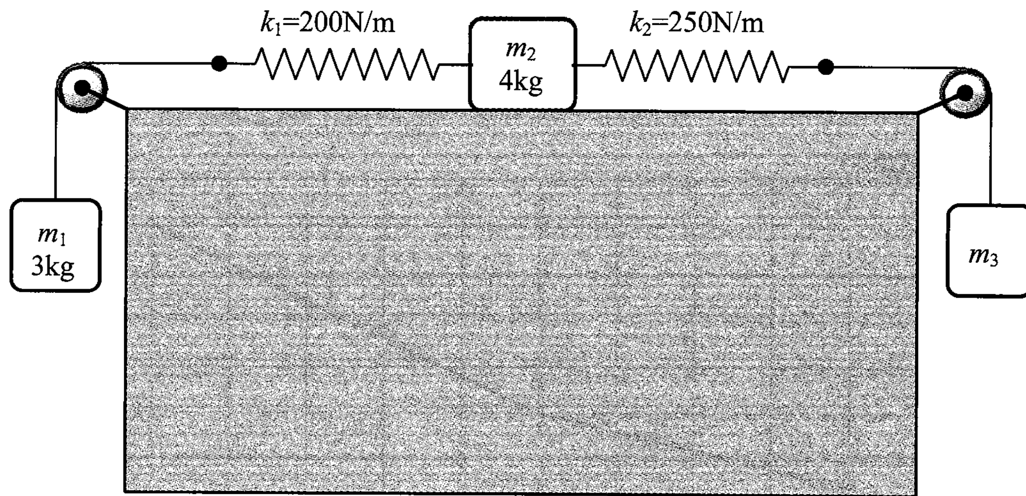
ה. חשב את המרחק x_0 בין שתי הנקודות A ו- B (ראה תרשים א).

ו. חשב את הדרך שעבר הגוף M מרגע $t = 0$ עד רגע הגעתו לנקודה B.

ז. חשב את המהירות הממוצעת של הגוף M בתנועתו מ- A עד B.

שאלה 43 \ פרק 2

במערכת המוצגת לפניך נתון: $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 4\text{kg}$, $k_1 = 200\text{N/m}$ ו- $k_2 = 250\text{N/m}$. נתון גם שהמשטח אינו חלק. מקדמי החיכוך בין המסה m_2 והמשטח הם $\mu_s = 0.6$ ו- $\mu_k = 0.4$.



א. חשב את גודל המסה m_3 שעבורו המערכת תהיה על סף תנועה בכיוון ימין.

ב. חשב את גודל המסה m_3 שעבורו המערכת תהיה על סף תנועה בכיוון שמאל.

ג. חשב את התארכות כל אחד משני הקפיצים בסעיפים א' ו-ב'.

ד. נתון ש- $m_3 = 7.8\text{kg}$.

(1) חשב את תאוצת המערכת.

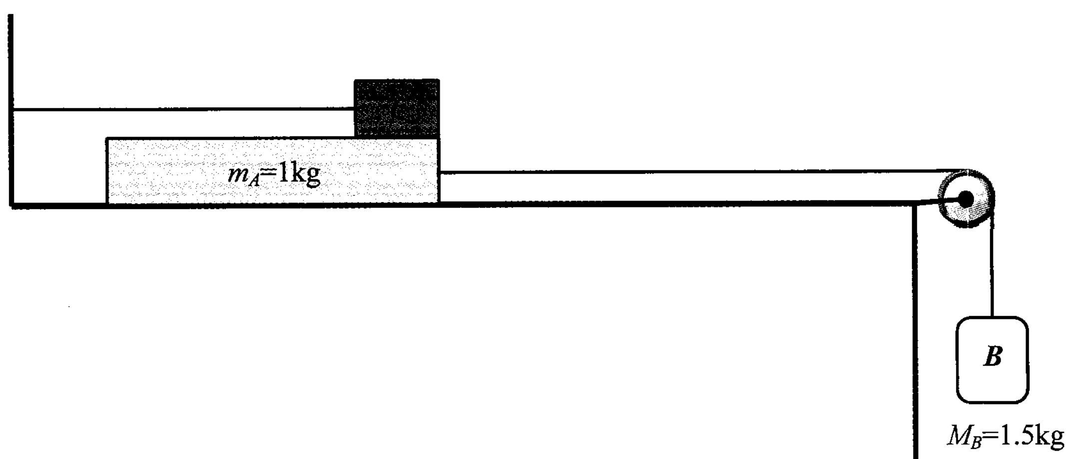
(2) חשב את התארכות כל אחד משני הקפיצים.

(3) קבע על מי מבין שלוש המסות m_1, m_2 או m_3, הכוח השקול הוא הגדול ביותר. ענה על סעיף זה על סמך שיקולים פיזיקליים בלבד ולא על ידי חישוב מספרי.

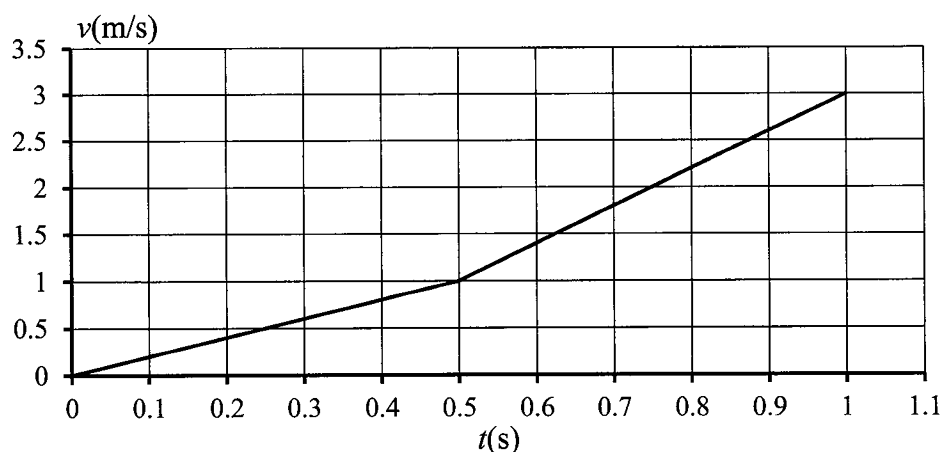
שאלה 44 \ פרק 2

נתונה תיבה A המונחת על שולחן אופקי לא חלק. התיבה קשורה בחוט מסתו זניחה שכרוך סביב גלגלת אידיאלית הנמצאת בקצה השולחן. הקצה השני של החוט קשור למשקולת B הנמצאת באוויר. על התיבה A מונחת תיבה C שקשורה לקיר באמצעות חוט הנמצא במצב אופקי (ראה

תרשים א).



בזמן $t=0$, כשהתיבה C נמצאת בקצה הימני של התיבה A, משחררים את המערכת ממנוחה.
נתון כי בין התיבה C לתיבה A אין חיכוך.
הגרף הבא מתאר את מהירות התיבה A כפונקציה של הזמן החל מ- $t=0$.



נתון כי $M_A=1\text{kg}$ ו- $m_B=1.5\text{kg}$.

א. שיפוע הגרף משתנה בזמן $t=0.5\text{s}$. הסבר את הסיבה לכך.

ב. היעזר בגרף וחשב אורך התיבה A.

ג. חשב את כוח החיכוך שפעל בין התיבה ופני השולחן בקטע הראשון, בין $t=0$ ו- $t=0.5\text{s}$.

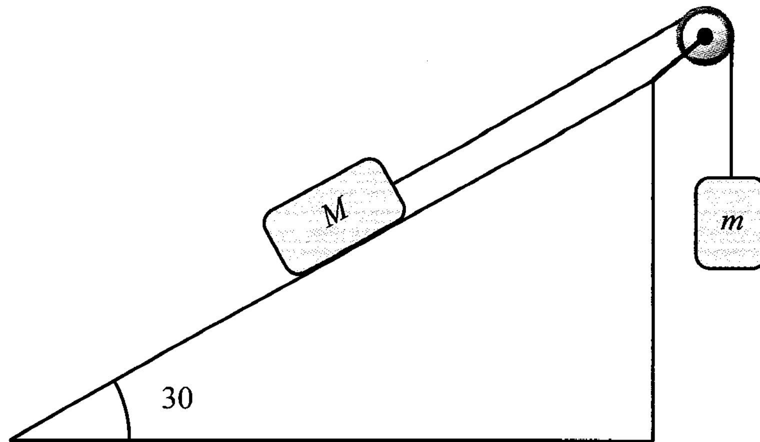
ד. חשב את כוח החיכוך שפעל בין התיבה ופני השולחן בקטע השני, בין $t=0.5\text{s}$ ו- $t=1\text{s}$.

ה. חשב את מקדם החיכוך הקניטי בין התיבה A ופני השולחן.

ו. חשב את מסת התיבה C.

שאלה 45 \ פרק 2

קושרים תיבה שמסתה $M=2\text{kg}$ אל משקולת שמסה $m=2\text{kg}$ באמצעות חוט מסתו זניחה. מניחים את התיבה על משטח משופע לא חלק שזווית שיפועו $\alpha=30^\circ$, ומעבירים את החוט מסביב לגלגלת אידיאלית הנמצאת בקצה העליון של המשטח כך שהמשקולת m נמצאת באוויר (ראה איור). חלק החוט המחבר בין התיבה לגלגלת מקביל למישור המשופע.



מחזיקים את המערכת במנוחה, וברגע מסוים משחררים אותה.

א. קבע האם התיבה M תעלה או תרד על המשטח אם הוא היה חלק.

ב. חשב את מקדם החיכוך הסטטי המינימלי שגורם לכך שהמערכת תהיה במנוחה.

ג. נניח שמקדם החיכוך הסטטי בין התיבה והמשטח המשופע קטן יותר ממקדם החיכוך הסטטי שחישבת בסעיף ב'. חשב את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחבל אם נתון ש- $f_k = 2\,\text{N}$.

ד. במצב המתואר בסעיף הקודם, נתון שהמערכת התחילה לנוע ממנוחה ב- $t = 0$, ושהחוט נקרע ב- $t = 3\,\text{s}$. ענה על הסעיפים הבאים:

(1) חשב את מהירות המשקולת והתיבה ב- $t = 3\,\text{s}$.

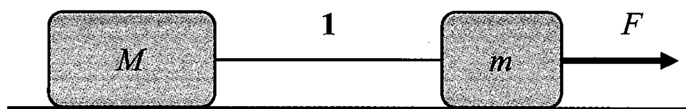
(2) תאר במלים את תנועת המשקולת ואת תנועת התיבה לאחר שהחוט נקרע.

(3) חשב כעבור כמה שניות מתחילת התנועה התיבה נעצרת על המישור המשופע ואת ההעתק שלה עד לעצירה ביחס למקום שבו הייתה ב- $t = 0$.

ה. בנתונים שבסעיף ג', חשב מהם שני הערכים עבור מסת המשקולת שעבורם המערכת נעה במהירות קבועה. פרט את חישוביך.

שאלה 46 \ פרק 2

מניחים שתי תיבות, הקשורות זו לזו באמצעות חוט מסתו זניחה, על שולחן אופקי חלק. מסת אחת התיבות m ומסת התיבה השנייה M $(M > m)$. מפעילים על התיבה m כוח אופקי קבוע F, כפי שמתואר בתרשים א'.

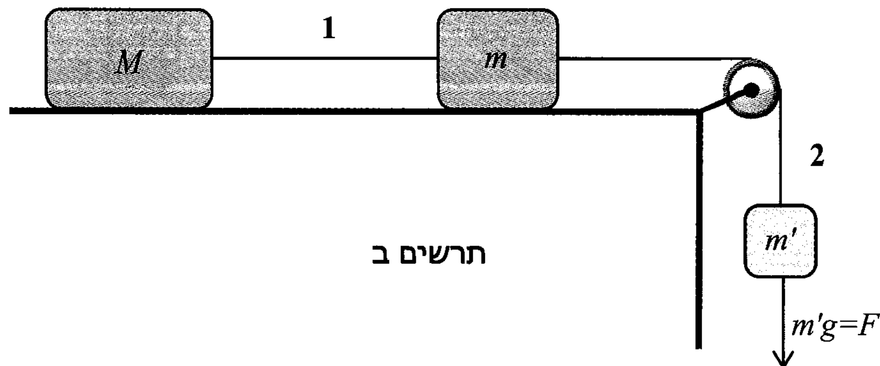


תרשים א

א. בטא באמצעות נתוני הבעיה (או חלקם) את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוט.

ב. קבע, על סמך שיקולים פיזיקליים בלבד, על מי מבין שתי המסות פועל כוח שקול גדול יותר. הסבר את קביעתך.

קושרים את התיבה שמסתה m באמצעות חוט שמסתו זניחה הכרוך סביב גלגלת אידיאלית, למשקולת שמסתה m' כפי שמתואר בתרשים ב'. נתון $m'g=F$, כאשר F הוא אותו הכוח שהופעל קודם.



תרשים ב

ג. הסתמך על שיקולים פיזיקאליים בלבד וקבע האם תאוצת המערכת עכשיו גדולה יותר מהתאוצה שהתקבלה בסעיף א', קטנה ממנה או שווה לה. הסבר את קביעתך.

ד. קבע האם המתיחות בחוט המחבר את שתי המסות m ו-M שמתקבל עכשיו גדול יותר מהמתיחות שהתקבלה בסעיף א', קטנה ממנה או שווה לה. הסבר את קביעתך.

ה. בטא באמצעות נתוני הבעיה (או חלקם) את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוטים.

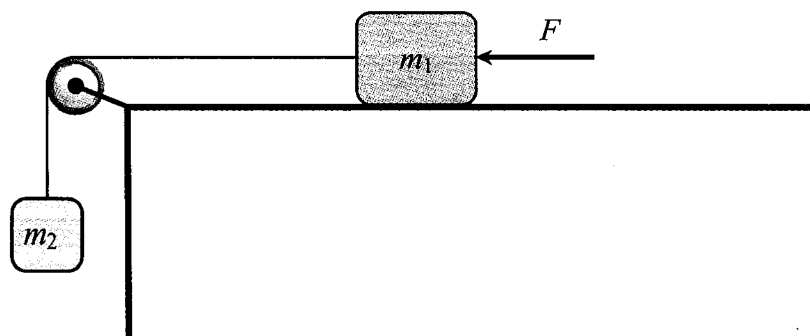
שאלה 47 \ פרק 2

במערכת הניסוי המתוארת בתרשים שלפניך נתון ש-$m_1=2\text{kg}$, $m_2=1\text{kg}$, שהמשטח לא חלק ושמקדם החיכוך הקינטי בין המסה m_1 והמשטח הוא $\mu_k=0.2$.

מפעילים על המסה m_1 כוח אופקי קבוע F בכיוון שמאל.

א. חשב מהו תחום הערכים האפשרי עבור תאוצת המסה m_1 על מנת שהמתיחות בחוט המחבר את שתי המסות תתאפס.

ב. חשב מהו הערך המינימלי עבור F, הכוח המופעל על המסה m_1, על מנת שהמתיחות בחוט המחבר בין שתי המסות תתאפס.



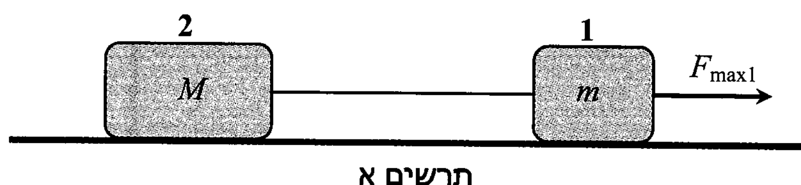
ג. מפעילים כעת על המסה m_1 כוח גדול פי 2 מהכוח שחישבת בסעיף ב'. חשב את תאוצת כל אחת משתי המסות ואת המתיחות בחוט.

ד. חשב את תאוצת המערכת ואת המתיחות בחוט אם מפעילים על המסה m_2 כוח השווה בגודלו לכוח שהופעל בסעיף ג', וכיוונו כלפי מטה.

שאלה 48 \ פרק 2

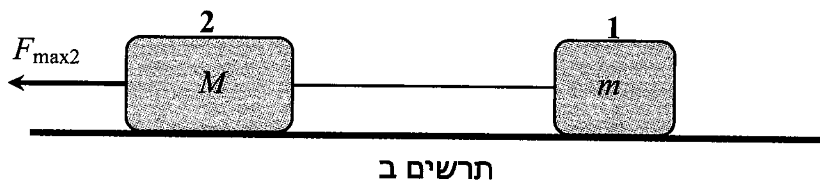
קושרים שתי תיבות 1 ו-2 זו לזו באמצעות חוט שמסתו זניחה, ומניחים אותן על משטח אופקי חלק. נתון שמסת התיבה 1 היא $m = 0.5\text{kg}$ ומסת התיבה 2 היא $M = 1.5\text{kg}$. נתון גם שהמתיחות המקסימלית שהחוט יכול לשאת היא $T_{\max} = 12\text{N}$.

א. חשב את הכוח האופקי המקסימלי, $F_{\max 1}$, שאפשר להפעיל על התיבה 1 כך שהחוט לא יקרע (ראה תרשים א'). פרט את חישוביך.



תרשים א

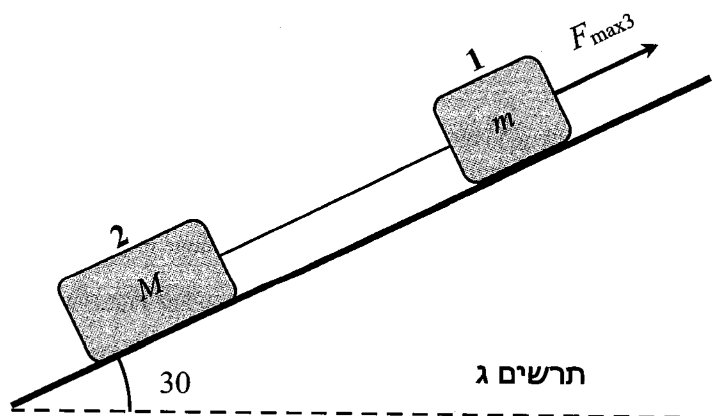
ב. חשב את הכוח האופקי המקסימלי, $F_{\max 2}$, שאפשר להפעיל על התיבה 2 כך שהחוט לא יקרע (ראה תרשים ב'). פרט את חישוביך.



תרשים ב

ג. קבע בכל אחד משני התרשימים א' ו-ב', על מי מבין שתי התיבות פועל כוח שקול גדול יותר. הסבר את תשובתך.

מניחים את מערכת שתי התיבות על מישור משופע חלק שזווית השיפוע שלו 30° במצב שבו התיבה 1 ממוקמת גבוה יותר מתיבה 2, כפי שמתואר בתרשים ג'. מפעילים על התיבה 1 כוח F במקביל למישור המשופע בכיוון מעלה.



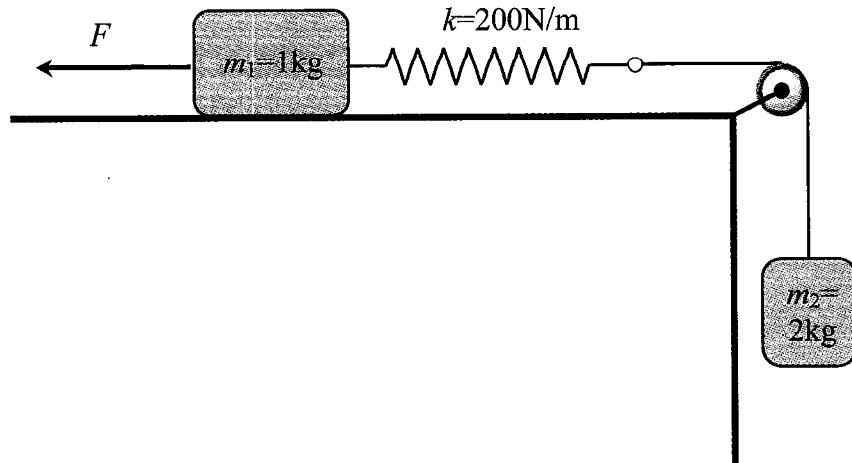
תרשים ג

ד. חשב את הגודל המקסימלי של הכוח F $(F_{3\max})$ שניתן להפעיל על התיבה 1 מבלי שהחוט המקשר בין המסות ייקרע.

שאלה 49 \ פרק 2

בתרשים שלפניך מתואר ניסוי במכניקה. נתון: $m_1 = 1\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$ וקבוע הקפיץ $k = 200\,\text{N/m}$.

על המסה m_1 מפעילים כוח אופקי, F, בכיוון שמאל. ידוע שהמשטח חלק.



נסמן את התארכות הקפיץ ביחס למצבו הרפוי ב- $\Delta\ell$.

א. קבע עבור אילו ערכים של $\Delta\ell$ המסה-m_1 נעה בתאוצה בכיוון שמאל, ועבור אלו ערכים היא נעה בתאוצה בכיוון ימין. הסבר את תשובתך.

ב. נתון ש- $\Delta\ell = 0.15\,\text{m}$. חשב את:

(1) המתיחות בחוט.

(2) תאוצת המערכת.

(3) הכוח F.

ג. מהו גודל וכיוון הכוח האופקי F הדרוש על מנת שהתארכות הקפיץ תתאפס.

ד. משחררים את המערכת ממנוחה ללא הפעלת הכוח F. חשב את תאוצת המערכת ואת התארכות הקפיץ.

ה. במהלך תנועת המערכת במצב המתואר בסעיף הקודם, המסה m_1 נכנסת לאזור בו השולחן לא חלק. האם כתוצאה מכך התארכות הקפיץ תגדל, תקטן או לא תשתנה? הסבר את תשובתך.

שאלה 50 \ פרק 2

הגרף שלפניך מתאר את המהירות של גוף הנע בקו ישר כפונקציה של הזמן.

א. היעזר בגרף וקבע את העתק הגוף מ- $t = 0$ עד $t = 0.18\text{s}$.

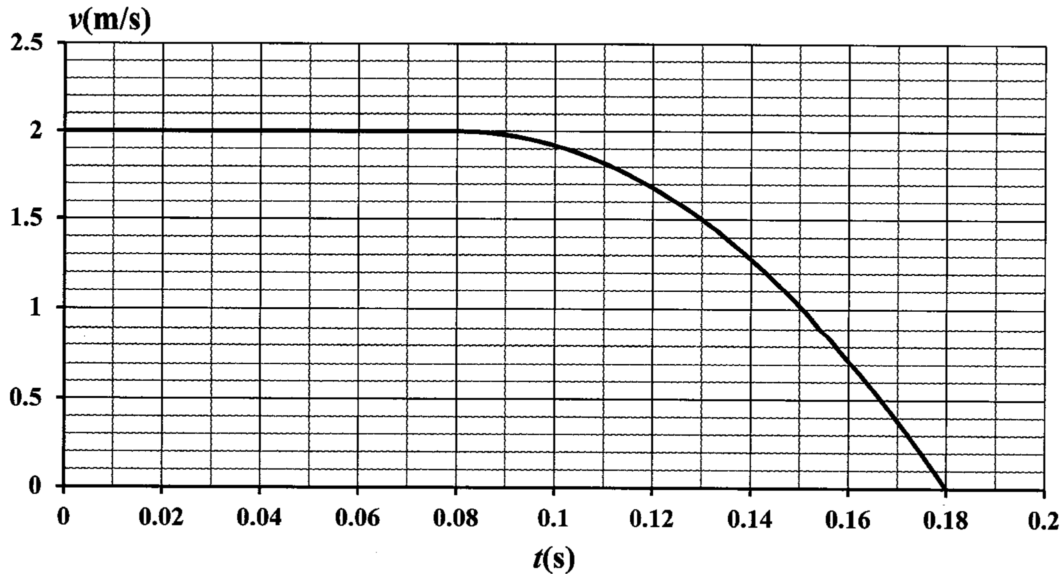
ב. חשב את תאוצת הגוף בזמנים: $t = 0.04\text{s}$ ו- $t = 0.1$. נמק את חישוביך.

ג. חשב את המהירות הממוצעת של הגוף בפרק הזמן מ- $t = 0.08\text{s}$ עד $t = 0.018\text{s}$.

ד. תאר במילים את תנועת הגוף בפרק הזמן מ- $t = 0$ עד $t = 0.18\text{s}$.

ה. קבע האם כיוון הכוח השקול שפועל על הגוף בפרק הזמן מ- $t = 0.08\text{s}$ עד $t = 0.018\text{s}$ הוא בכיוון תנועת הגוף או בכיוון המנוגד לתנועתו. הסבר את קביעתך.

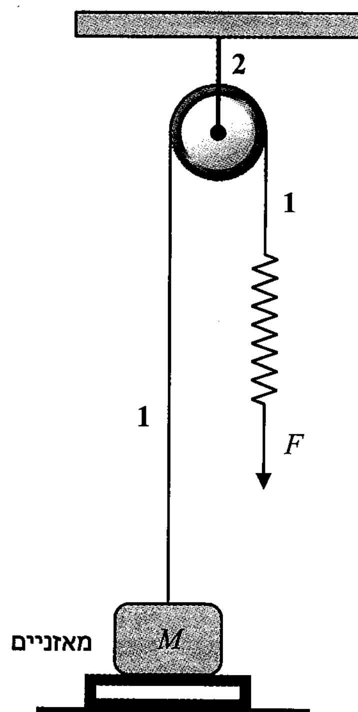
ו. קבע האם הכוח השקול שפועל על הגוף בפרק הזמן מ-$t = 0.08\text{s}$ עד $t = 0.018\text{s}$ הולך וגדל או הולך וקטן. הסבר את תשובתך.



שאלה 51 \ פרק 2

בתרשים שלפניך מתוארת מערכת ניסוי הכוללת מאזנים, גוף, קפיץ, חוטים וגלגלת. המאזנים נמצאים על משטח אופקי, ועליהם מונח הגוף. הגוף קשור לקצה חוט (1) הכרוך סביב גלגלת ולקצה השני שלו קשור קפיץ. הגלגלת קשורה לתקרה באמצעות חוט המסומן ב-2 (ראה תרשים). נתון שקבוע הקפיץ הוא k, מסת הגוף M. הגלגלת וכל החוטים אידיאליים.

תלמיד מפעיל כוחות שונים על הקצה החופשי של הקפיץ, ובכל פעם הוא מודד את התארכות הקפיץ $\Delta\ell$ ואת קריאת המאזניים N.



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך:

$\Delta\ell(\mathrm{m})$	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35
$N(\mathrm{N})$	35	30	25	20	15	10	5

א. ציין מהו הגודל הפיזיקלי הנמדד על ידי המאזניים.

ב. שרטט גרף שמתאר את תוצאות המדידות.

ג. בטא את קריאת המאזניים, N, באמצעות הגדלים: $\Delta\ell$, M ו-k.

ד. היעזר בגרף וחשב את:

(1) קבוע הקפיץ.

(2) מסת הגוף.

ה. רשום מה מייצגת נקודת חיתוך הגרף עם הציר האופקי?

ו. היעזר בגרף וחשב את התארכות הקפיץ שעבורה קריאת המאזניים מתאפסת.

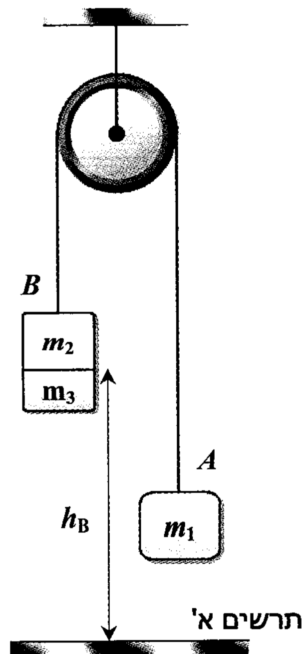
ז. חשב את המתיחות בחוט 2 כאשר:

(1) $\Delta\ell = 0.4\,\mathrm{m}$

(2) $\Delta\ell = 0.6\,\mathrm{m}$

שאלה 52 \ פרק 2

בתרשים א' מתוארת מערכת המורכבת משני גופים A ו-B המחוברים זה לזה באמצעות חוט שמסתו זניחה הכרוך מסביב לגלגלת אידיאלית. הגלגלת תלויה מהתקרה באמצעות חוט אחר. מסת הגוף A היא $m_1 = 0.3\,\mathrm{kg}$. הגוף B מורכב משני חלקים מחוברים זה לזה כפי שמתואר בתרשים א'. מסת החלק העליון היא m_2 ומסת החלק התחתון היא m_3. נתון שמתקיים $m_2 + m_3 > m_1$.

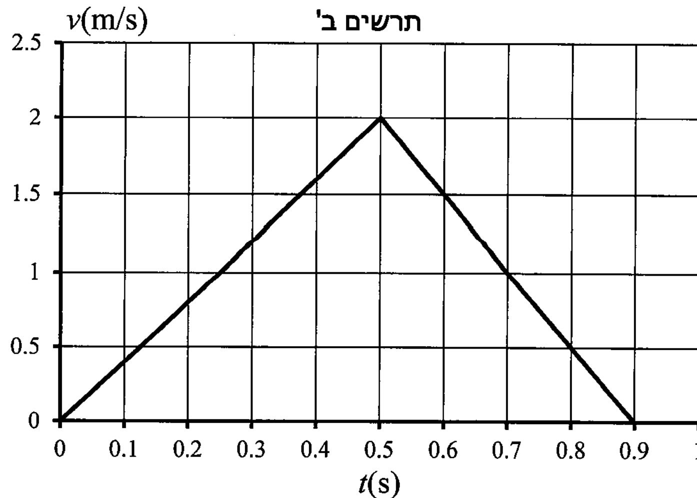


תרשים א'

משחררים את המערכת ממנוחה ב-$t = 0$ כשהמסה m_2 הייתה בגובה $1.2\,\mathrm{m}$ מעל הרצפה. גוף B נע בתאוצה כלפי מטה וכמובן גוף A עולה באותה תאוצה כלפי מעלה. ברגע מסוים, ובמהלך

תנועת המערכת, ניתקת המסה m_3 מ- m_2.

הגרף המתואר בתרשים ב' מתאר את מהירות המסה m_2 החל מ- $t=0$ עד עצירתה הרגעית בתנועתה בכיוון מטה.



א. חשב את תאוצת המערכת בשני שלבי התנועה.

ב. חשב את גודל כל אחת משתי המסות m_2 ו- m_3.

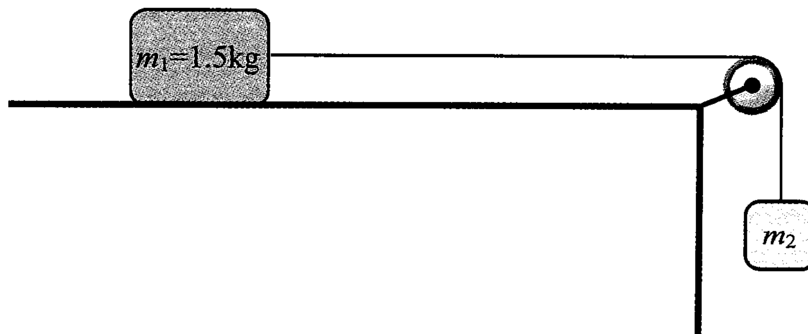
ג. חשב מהו, במהלך התנועה המתוארת, המרחק הקצר ביותר בין המסה m_2 לרצפה.

ד. חשב כעבור כמה שניות מתחילת התנועה חוזרת המסה m_2 אל הנקודה שבה נמצאה בזמן $t=0$.

ה. חשב את הכוח שכל אחת משתי המסות m_2 ו- m_3 מפעילות זו על זו במהלך תנועתן בתאוצה לפני שהמסה m_3 התנתקה מהמסה m_2.

שאלה 53 \ פרק 2

בתרשים שלפניך מתוארת מערכת ניסוי. המערכת מורכבת מתיבה שמסתה $m_1=1.5\text{kg}$ המונחת על משטח אופקי **לא חלק** הקשורה לקצה חוט הכרוך מסביב לגלגלת הנמצאת בקצה המשטח, ובקצה השני של החוט קשורה משקולת שמסתה m_2. נתון שהגלגלת אידיאלית, מסת החוט זניחה וחלק החוט המחבר בין התיבה לגלגלת מקביל למשטח.



מחזיקים את התיבה במנוחה, וב- $t=0$ מקנים לה מהירות התחלתית בכיוון שמאל. התיבה נעה בתאוטה עד לעצירתה הרגעית ולאחר מכן ממשיכה לנוע בכיוון ההפוך.

בוחרים את הכיוון החיובי של ציר התנועה להיות מנוגד לכיוון המהירות ההתחלתית של התיבה.

א. קבע מהו סימן התאוצה בשני שלבי התנועה.

ב. הסבר מדוע גודל התאוצה שונה בשני שלבי התנועה.

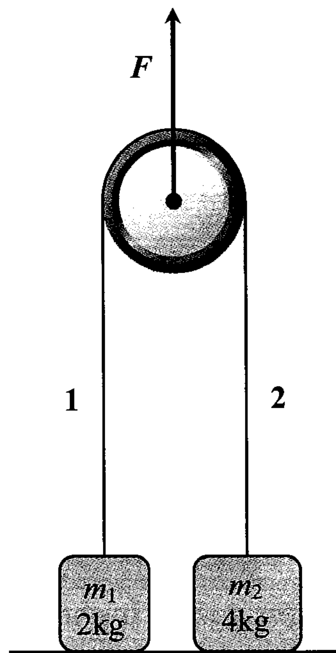
ג. נתון שהתיבה נעה בשלב הראשון בכיוון השלילי בתאוטה שגודלה 5m/s^2, ובחזרה היא נעה בתאוצה שגודלה 3m/s^2.

(1) חשב את גודל המסה m_2.

(2) חשב את מקדם החיכוך הקניטי בין התיבה והמשטח.

(3) חשב את המתיחות בחוט בשני שלבי התנועה.

שאלה 54 \ פרק 2



שתי מסות $m_1 = 2\text{kg}$ ו- $m_2 = 4\text{kg}$ מונחות על הרצפה וקשורות זו לזו באמצעות חוט שמסתו זניחה הכרוך מסביב לגלגלת אידיאלית (ראה תרשים). על מרכז הגלגלת מפעילים כוח F המכוון כלפי מעלה. נתון שבמצב זה, שני חלקי החוט המקשר בין שתי המסות ניצבים לרצפה.

א. חשב מהו גודל הכוח F שעלינו להפעיל על הגלגלת כלפי מעלה כדי שהמסה m_1 תהיה על סף התנתקות מהרצפה?

ב. חשב את הכוח שהמסה m_2 מפעילה על הרצפה במצב המתואר בסעיף א'.

ג. חשב את הערך של הכוח F שעלינו להפעיל על הגלגלת כלפי מעלה כדי שהמסה m_2 תהיה על סף התנתקות מהרצפה?

ד. חשב את תאוצת המסה m_1 במצב המתואר בסעיף ג'.

ה. עכשיו מפעילים על הגלגלת כוח F שגודלו 100N ומכוון כלפי מעלה. חשב את:

(1) המתיחות בחוטים.

(2) תאוצת כל אחת משתי המסות.

שאלה 55 \ פרק 2

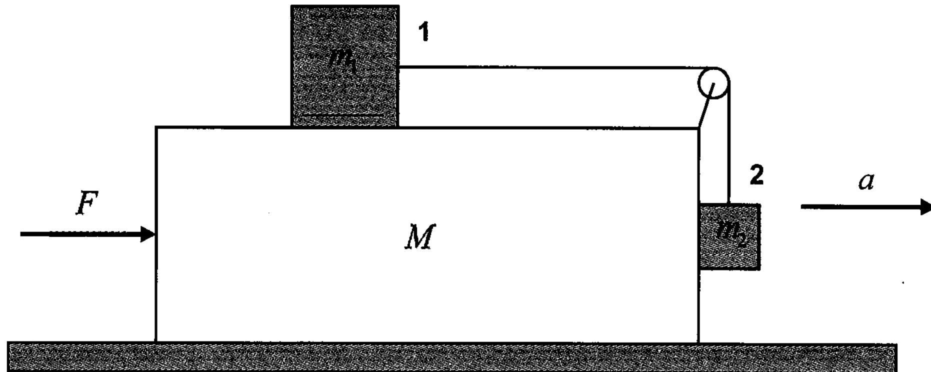
בתרשים המוצג לפניך מתוארת תיבה גדולה שמסתה M המונחת על משטח אופקי חלק. על התיבה הגדולה, מונחת תיבה קטנה שמסתה m_1, המהודקת לתיבה הגדולה באמצעות תפסן מיוחד. קושרים תיבה זו בחוט וכורכים את החוט סביב לגלגלת אידיאלית הקבועה בקצה התיבה הגדולה, ולקצה השני של החוט קושרים תיבה שמסתה m_2 ומשחררים אותה באוויר (ראה את התרשים). במצב זה התיבה m_2 נוגעת בדופן הקדמי של התיבה הגדולה והחוט שקשור אליה מקביל לדופן זו.

מפעילים כוח אופקי F על התיבה הגדולה בכיוון המתואר בתרשים והמערכת נעה בתאוצה a.

במצב זה משחררים את התיבה m_1.

נתון ששתי התיבות 1 ו-2 יכולות להחליק על הדפנות של התיבה הגדולה ללא חיכוך.

ענה על הסעיפים הבאים. בטא את תשובותיך באמצעות הגדלים: m_1, m_2, M ו- F או חלקם.



א. מצא את המתיחות בחוט שעבורה שתי התיבות נמצאות במנוחה ביחס לתיבה הגדולה במהלך תנועתה בתאוצה a.

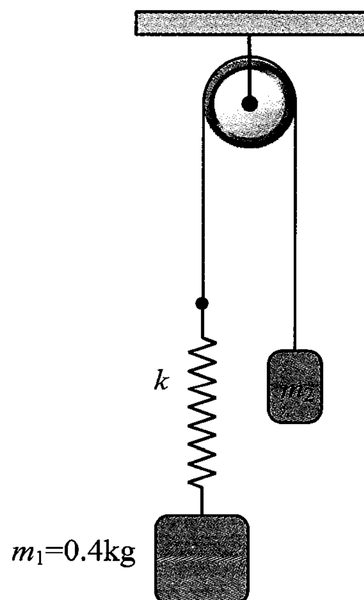
ב. חשב את גודל תאוצת המערכת שעבורה שתי התיבות m_1 ו- m_2 נמצאות במנוחה ביחס לתיבה הגדולה.

ג. מצא את הכוח המופעל על ידי הדופן הקדמית של התיבה הגדולה על התיבה m_2 עבור התאוצה שחישבת בסעיף ב'.

ד. מצא את הכוח F שעבורו המערכת נעה בתאוצה שחישבת בסעיף ב'.

שאלה 56 \ פרק 2

תלמידה עורכת ניסוי באמצעות המערכת המתוארת בתרשים שלפניך. התרשים מתאר מסה m_1 הקשורה לקצה קפיץ. הקצה השני של הקפיץ קשור לחוט שמסתו זניחה הכרוך מסביב לגלגלת אידיאלית התלויה מהתקרה. הקצה השני של החוט קשור למסה m_2.



התלמידה משנה את גודל המסה m_2 מספר פעמים ומודדת בכל פעם את תאוצת המערכת ואת התארכות הקפיץ. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך:

$a(\text{m/s}^2)$	1	2	3	4	5
$\Delta\ell(\text{m})$	0.18	0.16	0.14	0.12	0.1

נתון: $m_1 = 0.4\,\text{kg}$.

א. קבע מהו כיוון תאוצת המסה m_2 בניסוי זה. האם הוא בכיוון מטה או בכיוון מעלה? נמק את תשובתך.

ב. התבסס על חוקי הפיזיקה על מנת לפתח ביטוי מתמטי המתאר את הקשר בין התארכות הקפיץ $\Delta\ell$ ותאוצת המערכת a. רשום ביטוי זה.

ג. שרטט גרף המתאר את תאוצת המערכת, a, כפונקציה של התארכות הקפיץ $\Delta\ell$.

ד. חשב את קבוע הקפיץ k.

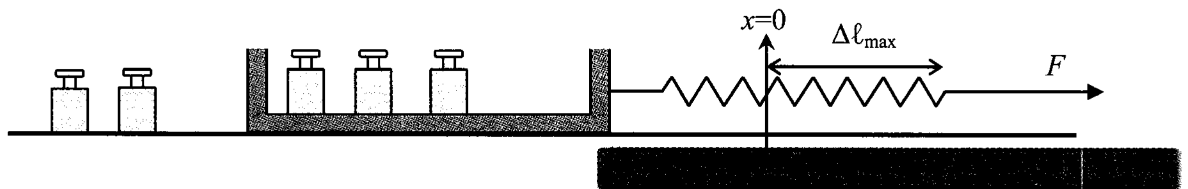
ה. הסבר מהי המשמעות הפיזיקלית של נקודות חיתוך הגרף ששרטטת בסעיף ג' עם הצירים.

ו. חשב את גודל המסה m_2 כאשר התארכות הקפיץ היא $16\,\text{cm}$?

שאלה 57 \ פרק 2

לצורך מדידת מקדם החיכוך הסטטי שבין קופסה לבין משטח אופקי מסוים, עורך תלמיד את הניסוי הבא:

הוא מניח את הקופסה על המשטח, וקושר אותה לקצה קפיץ. על המשטח, במקביל לקפיץ, מונח סרגל ארוך המשמש למדידת התארכות הקפיץ (ראה תרשים). התלמיד מוסיף לקופסא, פעם אחרי פעם, משקולות שמסת כל אחת מהן $m_0 = 100\,\text{gr}$, ובכל פעם שהוא מוסיף משקולת, הוא מושך בקצה החופשי של הקפיץ עד הגעה להתארכות המקסימלית האפשרית עבור הקפיץ, $\Delta\ell_{max}$, שעבורה הקופסה נשארת במנוחה. התלמיד רשם בכל מדידה את מספר המשקולות שהוסיף לקופסה, n, ואת ההתארכות המקסימלית של הקפיץ, $\Delta\ell_{max}$.



להלן תוצאות המדידות:

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta\ell_{max}(\text{m})$	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18

נתון שקבוע הקפיץ הוא $k = 40\,\text{N/m}$.

א. שרטט גרף שמתאר את $\Delta\ell_{max}$ כפונקציה של n.

ב. פתח, על סמך שיקולים פיזיקליים, את הקשר בין $\Delta\ell_{max}$ ו-n.

ג. חשב, בהתבסס על הגרף ששרטטת ועל הקשר שקיבלת בסעיף ב', את:

(1) מקדם החיכוך הסטטי, μ_s, בין הקופסה למשטח.

(2) מסת הקופסה, M.

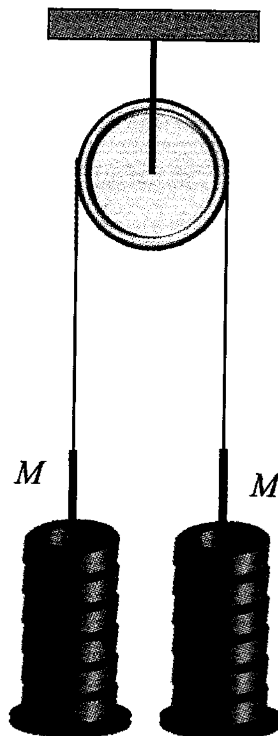
ד. קבע איזה מבין הגדלים הבאים ישתנה אם התלמיד יערוך את אותו הניסוי על משטח משופע.

(1) הגודל $f_{s\max}$.

(2) מקדם החיכוך הסטטי.

שאלה 58 \ פרק 2

בתרשים שלפניך מתוארת מערכת המורכבת משני גופים זהים, שמסת כל אחד מהם $M = 2\text{kg}$, הקשורים בקצוות חוט שמסתו זניחה הכרוך מסביב לגלגלת אידיאלית התלויה מהתקרה.



כל אחד משני הגופים מורכב ממוט המוברג לבסיס גלילי, ומדיסקיות מתכתיות, שמסת כל אחת מהן m_0, המושחלות על המוט. בכל טבעת יש פתח המאפשר את הוצאתה מהמוט. בהתחלה מספר הטבעות בשני הגופים זהה והמערכת נמצאת בשיווי משקל.

תלמידה ערכה ניסוי באמצעות המערכת המתוארת: היא העבירה טבעת מהגוף שבצד שמאל אל הגוף שבצד ימין, שחררה את המערכת ממנוחה ומדדה את התאוצה המתקבלת. התלמידה חזרה על הניסוי מספר פעמים, כשבכל פעם העבירה טבעת נוספת מהגוף שבצד שמאל אל הגוף שבצד ימין, ומדדה את תאוצת המערכת המתקבלת.

תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך: תאוצת המערכת כפונקציה של מספר הדיסקיות שהעביר מהצד השמאלי לצד הימני.

n	1	2	3	4	5	6
$a(\text{m/s}^2)$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

א. שרטט גרף המתאר את התאוצה a כפונקציה של מספר הדיסקיות שהועברו מהגוף השמאלי אל הגוף שמימין n.

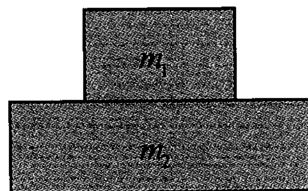
ב. פתח, על סמך החוק השני של ניוטון, את הקשר בין תאוצת המערכת, a, לבין מספר הדיסקיות, n, שהתלמידה העבירה מצד שמאל לצד ימין.

ג. חשב, על סמך שני הסעיפים הקודמים, את המסה של כל אחת מהדיסקיות, m_0.

ד. בטא את המתיחות בחוט המחבר בין שני הגופים, באמצעות מספר הדסקיות, n, שהתלמידה העבירה מצד לצד.

ה. קבע, על סמך הביטוי שקיבלת, אם ככל שמעבירים מספר גדול יותר של דסקיות מצד לצד, המתיחות בחוט המחבר בין שני הגופים גדלה, קטנה או לא משתנה. הסבר את קביעתך.

שאלה 59 \ פרק 2



מניחים שני גופים אחד על השני ומשחררים אותם ממנוחה בגובה מסוים מעל הקרקע כפי שמתואר בתרשים שלפניך.

נתון שמסת הגוף שמלמעלה היא $m_1 = 0.5\text{kg}$ ומסת הגוף הקרוב יותר לקרקע היא $m_2 = 1\text{kg}$. נתון שהחיכוך עם האוויר זניח.

א. חשב את תאוצת המערכת.

ב. קבע את הכוח שכל אחת משני הגופים מפעיל על הגוף האחר.

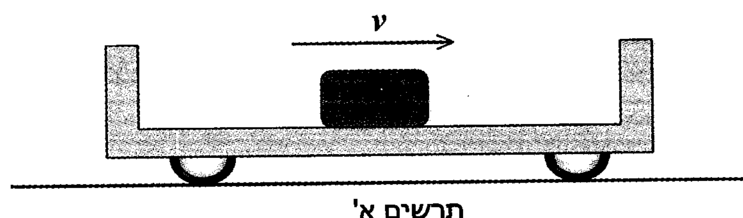
חוזרים על הניסוי, אלא שהפעם נתון שהחיכוך עם האוויר אינו זניח, וכתוצאה מכך פועל על הגוף שמלמטה במהלך תנועתו כוח חיכוך מהאוויר שכיוונו כלפי מעלה וגודלו 3N.

ג. חשב את תאוצת המערכת.

ד. חשב את הכוח שכל אחד משני הגופים מפעיל על הגוף האחר.

שאלה 60 \ פרק 2

עגלה נעה ימינה על משטח אופקי ובתוכה מונחת תיבה שמסתה 1.6kg (תרשים א'). בין התיבה ובין העגלה קיים חיכוך.



תרשים א'

א. חשב את גודל כוח החיכוך שפועל על התיבה כאשר העגלה (וביחד אתה התיבה) נעה במהירות קבועה.

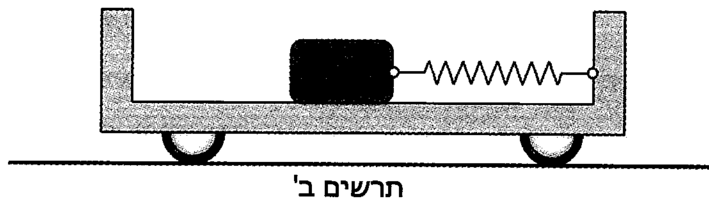
ב. העגלה מתחילה להאט בקצב של $0.5 m/s^2$. התיבה נשארת במקומה על העגלה.

(1) קבע מהו סוג החיכוך שפועל על התיבה.

(2) חשב את כוח החיכוך (גודל וכיוון)הפועל על התיבה.

(3) חשב את מקדם החיכוך הסטטי הקטן ביותר האפשרי כדי שהתיבה לא תחליק על העגלה.

נניח עכשיו שהתיבה קשורה לדופן העגלה באמצעות קפיץ, כפי שמתואר בתרשים ב', ושהעגלה נעה בתאוצה קבועה של $0.5 m/s^2$ בכיוון ימין. נתון שאין חיכוך בין התיבה לעגלה וקבוע הקפיץ $20 N/m$.

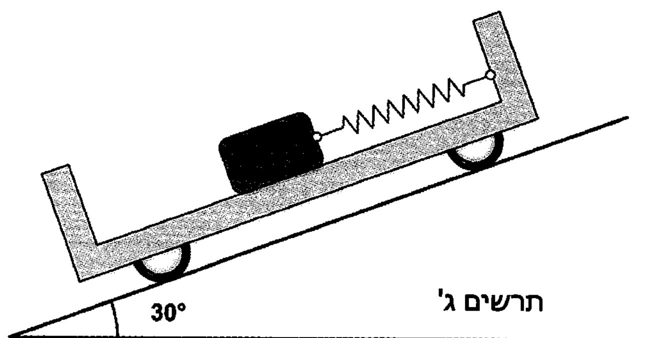


תרשים ב'

ג. קבע האם במקרה זה הקפיץ מתכווץ או מתארך?

ד. חשב את התכווצות או התארכות הקפיץ.

ה. נניח שהעגלה נעה על מישור משופע, שזווית שיפועו 30^o, בכיוון מעלה בתאוצה של $0.5 m/s^2$ כפי שמתואר בתרשים ג'. חשב את התארכות הקפיץ במקרה זה (נתון שאין חיכוך בין התיבה והעגלה).

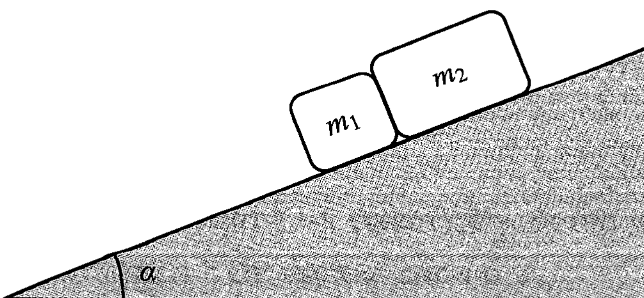


תרשים ג'

שאלה 61 \ פרק 2

מניחים שתי תיבות צמודות זו לזו על משטח משופע שזווית השיפוע שלו α כפי שמתואר בתרשים שלפניך.

מסת התיבה הראשונה היא m_1 ומסת התיבה השנייה היא m_2. נתון $m_2 > m_1$. החיכוך עם האוויר ניתן להזנחה.



א. נתון שהמשטח חלק. בטא באמצעות נתוני הבעיה (או חלק מהם) את תאוצת מערכת שתי התיבות ואת הכוח שכל אחת מהן מפעילה על התיבה האחרת.

ב. במקרה אחר נתון שקיים חיכוך בין התיבות והמשטח ומקדם החיכוך הקינטי בין המשטח וכל אחת משתי התיבות הוא μ_k. בטא באמצעות נתוני הבעיה (או חלק מהם) את תאוצת מערכת שתי התיבות ואת הכוח שכל אחת משתי התיבות מפעילה על התיבה האחרת.

ג. במקרה נוסף נתון שמקדמי החיכוך הקינטי בין כל אחת משתי התיבות והמשטח המשופע אינם זהים. מקדם החיכוך הקינטי בין m_1 והמשטח הוא $\mu_{k1}=0.2$ ומקדם החיכוך הקינטי בין m_2 והמשטח הוא $\mu_{k2}=0.4$. נתון גם ש- $m_1=2\text{kg}$, $m_2=3\text{kg}$ ו- $\alpha=30°$.

(1) קבע איזה מבין שתי התיבות עלינו להניח מקדימה כדי שיפעל כוח מגע בין שתי התיבות במהלך תנועתן על המשטח המשופע?

(2) בהתייחס למצב המתואר בתת סעיף ג(1), בטא את תאוצת המערכת ואת הכוח שכל אחת משתי התיבות מפעילה על התיבה השנייה.

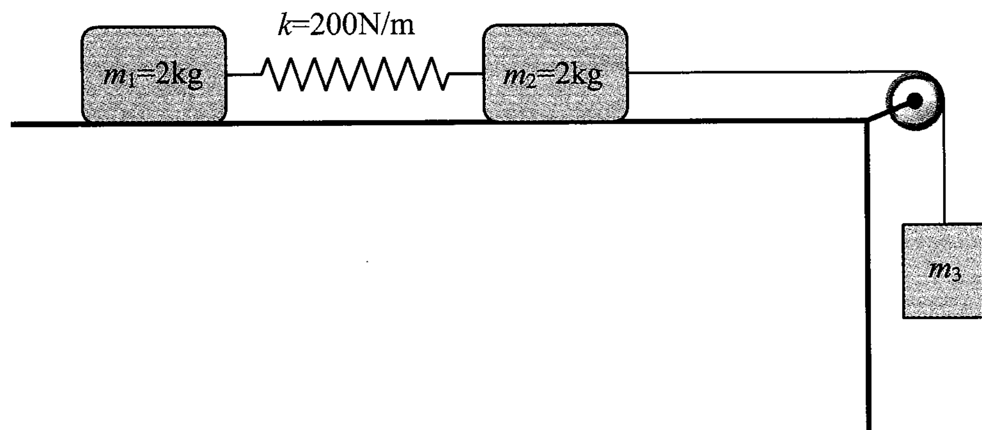
שאלה 62 \ פרק 2

במערכת המתוארת בתרשים שלפניך נתון: $m_1=m_2=2\text{kg}$, וקבוע הקפיץ $k=200\text{N/m}$. המסה m_3 לא ידועה. המשטח שעליו נעות המסות m_1 ו- m_2 חלק.

א. חשב את תאוצת המערכת אם נתון שהתארכות הקפיץ היא 0.05m.

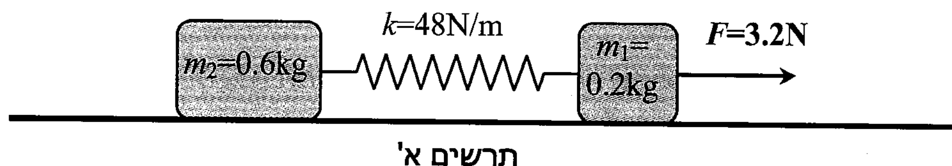
ב. חשב את גודל המסה m_3 במצב המתואר בסעיף הקודם.

ג. חוזרים על הניסוי מספר רב של פעמים כך שבכל פעם מגדילים את המסה m_3. מתברר שבכל פעם שמגדילים את המסה m_3, התארכות הקפיץ גדלה. חשב את ההתארכות המקסימלית האפשרית עבור הקפיץ במערכת זו.



שאלה 63 \ פרק 2

מחברים שתי תיבות 1 ו-2 לקצוות קפיץ, מניחים אותן על משטח אופקי חלק ומפעילים כוח אופקי, F, על התיבה 1 כפי שמתואר בתרשים א'.



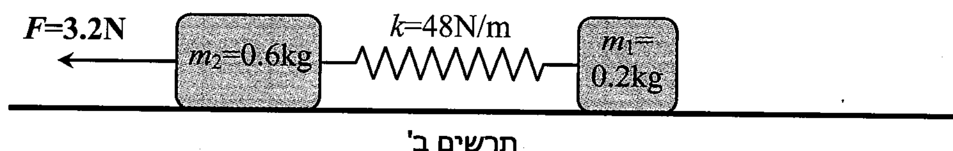
תרשים א'

נתון: $m_1 = 0.2\text{kg}$, $m_2 = 0.6\text{kg}$, קבוע הקפיץ $k = 48\text{N/m}$ והכוח $F = 3.2\text{N}$.

א. חשב את תאוצת המערכת.

ב. חשב את התארכות הקפיץ.

במקרה אחר מפעילים את אותו כוח F על התיבה 2, כפי שמתואר בתרשים ב'.



תרשים ב'

ג. האם תשתנה תאוצת המערכת במקרה זה? הסבר את תשובתך.

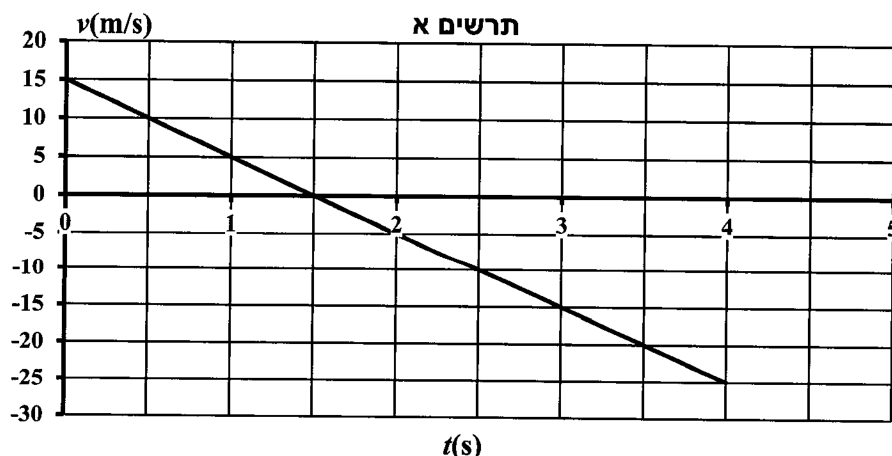
ד. האם תשתנה התארכות הקפיץ במקרה זה, בהשוואה להתארכות במקרה הקודם? אם כן חשב את ההתארכות החדשה, אם לא הסבר למה.

ה. כעת נתון שהמשטח לא חלק. מקדם החיכוך הקינטי בין כל אחת מהתיבות והמשטח הוא 0.2. חשב את תאוצת המערכת ואת התארכות הקפיץ במקרה זה, בכל אחד משני המצבים המוצגים בתרשימים א' ו-ב'.

שאלה 64 \ פרק 2

קבוצת תלמידים התבקשו לשרטט גרף המתאר את המהירות כפונקציה של הזמן עבור גוף שנזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית של 15m/s מקצה גג בניין שגובהו h, החל מהרגע שבו הגוף נזרק (שנבחר להיות $t = 0$) עד רגע פגיעת הגוף בפני הקרקע. נתון שמרגע זריקתו הגוף אינו פוגע בגג בשום שלב.

התלמידים בחרו את הכיוון החיובי כלפי מעלה ושרטטו את הגרף המתואר בתרשים א'.



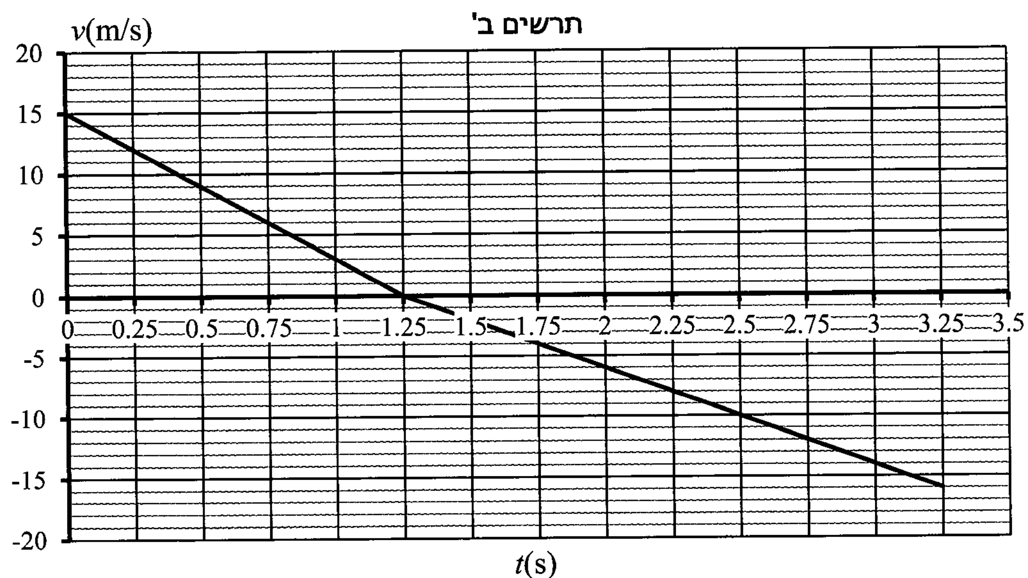
היעזר בגרף וקבע :

א. באיזה רגע מגיע הגוף לגובה המקסימלי? חשב גובה זה (ביחס לנקודת הזריקה).

ב. חשב את גובה הבניין שממנו נזרק הגוף.

כדי שהתלמידים יבדקו את תנועת הגוף באופן מעשי, הם עלו על גג בניין סמוך, וזרקו מקצה הגג גוף שמסתו $m = 100\text{g}$ בכוון אנכי כלפי מעלה. התלמידים עקבו אחרי מהירות הגוף באמצעות חיישנים, החל מרגע זריקתו עד רגע פגיעתו בקרקע.

התוצאות שקיבלו התלמידים מוצגות בתרשים ב'.



ג. הסבר מדוע קיים הבדל בשיפוע הגרף בעליית הגוף ובירידתו.

ד. חשב את גובה הבניין השני.

ה. חשב את כוח החיכוך שפעל על הגוף בהנחה שגודל כוח החיכוך עם האוויר קבוע.

פתרונות שאלות פרק 2 – חוקי ניוטון

פתרון שאלה 1\פרק 2

א. תאוצת הטיל היא שיפוע גרף המהירות כפונקציה של הזמן. על פי הגרף הנתון בשאלה נקבל:

$$a(t)=\begin{cases}5\,\mathrm{m/s^2} & 0\le t\le 30\,\mathrm{s}\\ 0 & 30\,\mathrm{s}<t\le 40\,\mathrm{s}\\ -10\,\mathrm{m/s^2} & 40\,\mathrm{s}<t\le 55\,\mathrm{s}\end{cases}$$

ב. לאחר $t=40\,\mathrm{s}$ תאוצת הטיל היא תאוצת הנפילה החופשית, מכאן ניתן להסיק שהכוח היחיד שפעל על הטיל לאחר $t=40\,\mathrm{s}$ הוא כוח הכובד. משמע שמנוע הטיל הפסיק לפעול ב-$t=40\,\mathrm{s}$.

ג. ב-$t=0$ הטיל מתחיל את תנועתו ממנוחה ונע בכיוון החיובי (בכיוון מעלה) בתאוצה קבועה עד $t=30\,\mathrm{s}$, רגע בו הוא מגיע למהירות מקסימלית של $150\,\mathrm{m/s}$. לאחר מכן הטיל ממשיך בתנועה כלפי מעלה במהירות זו עד $t=40\,\mathrm{s}$. ב-$t=40\,\mathrm{s}$, מנוע הטיל הפסיק לפעול, וכתוצאה מכך הטיל המשיך בתנועתו כלפי מעלה בתאוצת הנפילה החופשית $(-10\,\mathrm{m/s^2})$ עד לעצירה הרגעית ב-$t=55\,\mathrm{s}$.

ד. כל עוד מהירות הטיל חיובית הוא ממשיך לעלות, והגובה שלו מפני הקרקע גדל עד לזמן שבו המהירות מתאפסת. בזמן זה הטיל מגיע לגובהו המקסימלי מפני הקרקע. על פי הגרף זמן זה הוא $t=55\,\mathrm{s}$.

ה. מכיוון שהטיל התחיל את תנועתו מפני הקרקע, ההעתק שלו עד $t=55\,\mathrm{s}$ שווה לגובה שלו מפני הקרקע. מכאן נקבל:

$$y_{max}=\Delta y(0\to 55\,\mathrm{s})=\frac{55+10}{2}\times 150=$$
$$=4{,}875\,\mathrm{m}$$

ו. קריאת המאזניים:

על החיישן הנמצא על המאזניים פועלים שני כוחות: כוח הכובד, mg, כלפי מטה והכוח הנורמלי, N, כלפי מעלה.

לפי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$N-mg=ma\quad\Rightarrow N=m(g+a)$$

קריאת המאזניים שווה לכוח, N', שהחיישן מפעיל עליו, ולפי החוק השלישי של ניוטון, כוח זה שווה בגודלו ומנוגד בכיוונו ל-N. לכן גודל קריאת המאזניים הוא:

$$N'=m(g+a)$$

מביטוי זה נקבל שקריאת המאזניים בשלבים השונים של התנועה היא:

$$N'(t)=\begin{cases}2(10+5)=30\,\mathrm{N} & 0\le t\le 30\,\mathrm{s}\\ 2(10+0)=20 & 30\,\mathrm{s}<t\le 40\,\mathrm{s}\\ 2(10-10)=0 & 40\,\mathrm{s}<t\le 55\,\mathrm{s}\end{cases}$$

התארכות הקפיץ:

הכוחות הפועלים על החיישן הקשור לקפיץ הם: כוח הכובד, mg, כלפי מטה, וכח הקפיץ, F_{sp}, כלפי מעלה. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$F_{sp}-mg=ma\quad\Rightarrow k\Delta\ell=m(g+a)$$
$$\Rightarrow \Delta\ell=\frac{m}{k}(g+a)$$

מכאן נקבל:

$$\Delta\ell(t)=\begin{cases}\frac{0.4}{20}(10+5)=0.3 & 0\le t\le 30\,\mathrm{s}\\ \frac{0.4}{20}(10+0)=0.2 & 30\,\mathrm{s}<t\le 40\,\mathrm{s}\\ \frac{0.4}{20}(10-10)=0 & 40\,\mathrm{s}<t\le 55\,\mathrm{s}\end{cases}$$

$T - mg = ma$

$\Rightarrow T = m(g + a)$

(1) במקרה זה $a = 0$, לכן:

$T = m(g + 0) = mg = 40\,\text{N}$

$T = 4(10 + 2) = 48\,\text{N}$ (2)

(3) כעת $a = -4\,\text{m/s}^2$, לכן נקבל:

$T = 4(10 - 4) = 24\,\text{N}$

ג.

(1) בשני המקרים הגוף נמצא במצב שווי משקל, לכן בשני המקרים המתיחות זהה: $T = 40\,\text{N}$.

(2) במקרה הראשון $T_1 = 40\,\text{N}$.

במקרה השני $a = +2\,\text{m/s}^2$ (שים לב! הכיוון החיובי כלפי מעלה), לכן נקבל:

$T_2 = m(g + a) = 4(10 + 2) = 48\,\text{N}$

מכאן שהמתיחות בחבל במקרה השני גדולה יותר.

(3) בשני המקרים $a = -2\,\text{m/s}^2$. לכן נקבל בשני המקרים שהמתיחות בחבל זהה:

$T_1 = T_2 = 4(10 - 2) = 32\,\text{N}$

ד. נציב $T_{max} = 90\,\text{N}$ בקשר: $T = m(g + a)$, ונקבל:

$90 = 4(10 + a_{max}) \Rightarrow a_{max} = 12.5\,\text{m/s}^2$

ה. כאן יש שתי אפשרויות: האפשרות הראשונה היא שהמעלית עולה כלפי מעלה בתאוצה.

האפשרות השנייה היא שהמעלית יורדת כלפי מטה בתאוטה.

ו. המתיחות בחבל מתאפסת כאשר מתקיים:

$T = m(g + a) = 0$

$\Rightarrow a = -g = -10\,\text{m/s}^2$

כלומר כאשר המעלית נופלת נפילה חופשית.

פתרון שאלה 5\פרק 2

א. לפי תרשים ב', סימן המהירות ההתחלתית של המסה m_1 הוא שלילי. מאחר וכיוון מהירות זו הוא כלפי מטה, ניתן להסיק שהכיוון החיובי **בבעיה זו הוא כלפי מעלה.**

ב. **בפרק הזמן** $0 \le t < 0.5\,\text{s}$:

המסה m_1 נעה בכיוון מטה בתאוטה קבועה עד לעצירה הרגעית ב- $t = 0.5\,\text{s}$.

בפרק הזמן $0.5 < t < 1.2\,\text{s}$:

המסה m_1 נעה בתאוצה קבועה בכיוון החיובי (כלפי מעלה).

בפרק הזמן $1.2\,\text{s} \le t$:

ב- $t = 1.2\,\text{s}$ המסה m_2 פוגעת בקרקע, ולכן אחרי זמן זה המסה m_1 ממשיכה לנוע בכיוון החיובי תחת השפעת כוח הכובד בלבד. לכן בשלב זה המסה m_1 נעה בתאוטה עד לעצירה (רגעית) בזמן t' המופיע בגרף.

ג. בהתאם לכיוון החיובי הנבחר בבעיה, מתקיים שתאוצת המערכת בפרק הזמן $0 \le t \le 1.2\,\text{s}$ נתונה על ידי:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{m_2 g - m_1 g}{m_1 + m_2}$$

מצד שני, תאוצת המערכת בפרק זמן זה שווה לשיפוע הגרף באותו פרק זמן, כלומר:

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - (-1)}{0.5 - 0} = 2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

משני הקשרים האחרונים נקבל:

$$\frac{m_2 g - m_1 g}{m_1 + m_2} = 2$$

נציב $m_1 = 0.5\,\text{kg}$ ונקבל:

$$2 = \frac{m_2 g - (10)(0.5)}{0.5 + m_2}$$

$$\Rightarrow 1 + 2m_2 = 10m_2 - 5 \quad \Rightarrow m_2 = 0.75\,\text{kg}$$

ד. נחשב קודם את ההעתק של המסה m_1 בכיוון מטה החל מ- $t=0$ עד $t=0.5\,\text{s}$, השווה לשטח הכלוא בין עקומת המהירות ובין ציר הזמן בגבולות הזמן שנקבע:

$$\Delta y=\frac{-1\times 0.5}{2}=-0.25\,\text{m}$$

מכיוון שהגובה ההתחלתי של המסה m_1 מעל החיישן היה $0.6\,\text{m}$, נקבל שהמרחק המינימלי אליו מגיעה המסה m_1 מעל החיישן הוא:

$$h_{\min}=0.6-0.25=0.35\,\text{m}$$

ה. הגובה h_2 שווה להעתק הכולל (בערך המוחלט) של המסה m_2 עד לזמן הגעתה לרצפה ב- $t=1.2\,\text{s}$. העתק זה שווה להעתק הכולל של המסה m_1 באותו פרק זמן שהוא:

$$h_2=\left|\frac{-1\times 0.5}{2}+\frac{0.7\times(1.4)}{2}\right|=0.24\,\text{m}$$

ו. אחרי $t=1.2\,\text{s}$ המסה m_1 נעה בכיוון מעלה תחת השפעת כוח הכובד בלבד, ולכן תאוצתה היא $-10\,\text{m/s}^2$. המהירות ההתחלתית בפרק זמן זה היא $1.4\,\text{m/s}$. לכן נקבל את הביטוי הבא עבור המהירות בפרק הזמן האמור:

$$v=1.4-10(t-1.2)$$

המהירות מתאפסת בזמן t' המקיים:

$$0=+1.4-10(t'-1.2)\ \Rightarrow t'=1.34\,\text{s}$$

פתרון שאלה 6\פרק 2

א. (1) $T=m_1g$.

(2) מכיוון שהמערכת נופלת נפילה חופשית, נקבל שתאוצת המערכת היא תאוצת הנפילה החופשית, g.

מכיוון שתאוצת המערכת שווה לתאוצת כל אחת משתי התיבות כשהיא נופלת בנפרד (תאוצת הכובד, g) נקבל שהמתיחות בחבל מתאפסת במהלך נפילת המערכת.

ניתן להראות זאת בדרך חישובית באופן הבא: נרשום את הכוחות הפועלים על כל תיבה בנפרד ונשתמש בחוק השני של ניוטון.

על התיבה m_1 פועלים הכוחות m_1g כלפי מטה והמתיחות בחוט, T, כלפי מעלה כך שמתקיים:

$$m_1g-T=m_1a$$

גם על התיבה m_2 פועלים שני הכוחות: m_2g כלפי מטה והמתיחות בחוט, T, כלפי מטה, כך שמתקיים:

$$m_2g+T=m_2a$$

נחבר את שתי המשוואות ונקבל:

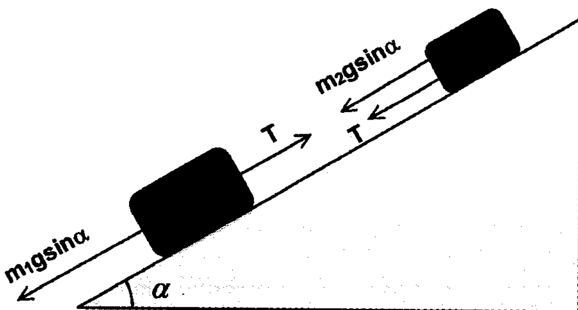
$$(m_2+m_1)g=(m_2+m_1)a\ \Rightarrow a=g$$

נציב את התאוצה באחת המשוואות הנ"ל ונקבל: $T=0$.

ב.

(1) $T=m_1g\sin\alpha$.

(2) בתרשים הבא מתוארים הכוחות הפועלים על כל אחת משתי התיבות בכיוון התנועה.



עבור m_1 מתקיים:

$$m_1g\sin\alpha-T=m_1a$$

ועבור m_2 מתקיים:

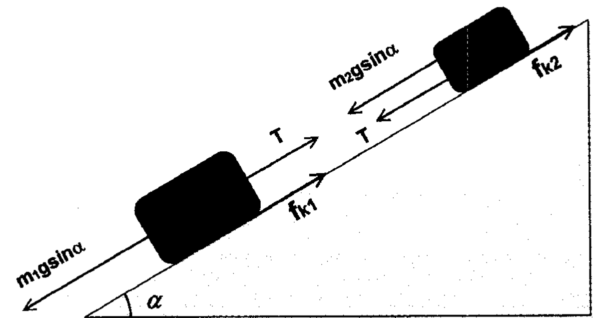
$$m_2g\sin\alpha+T=m_2a$$

נחבר את שתי המשוואות ונקבל:

$$(m_2+m_1)g\sin\alpha=(m_2+m_1)a$$
$$\Rightarrow a=g\sin\alpha$$

נציב את התאוצה באחת המשוואות הנ"ל ונקבל: $T=0$.

ג. בתרשים הבא מתוארים הכוחות הפועלים על כל אחת משתי התיבות בכיוון התנועה.



מתקיים:

$$f_{k1}=\mu_k(N_1)=\mu_k(m_1g\cos\alpha)$$
$$f_{k2}=\mu_k(N_2)=\mu_k(m_2g\cos\alpha)$$

מהחוק השני של ניוטון נקבל עבור m_1:

$$(1)\quad m_1g\sin\alpha-T-f_{k1}=m_1a$$

ועבור m_2:

$$(2)\quad m_2g\sin\alpha+T-f_{k2}=m_2a$$

נחבר את שתי המשוואות (1) ו-(2) ונקבל:

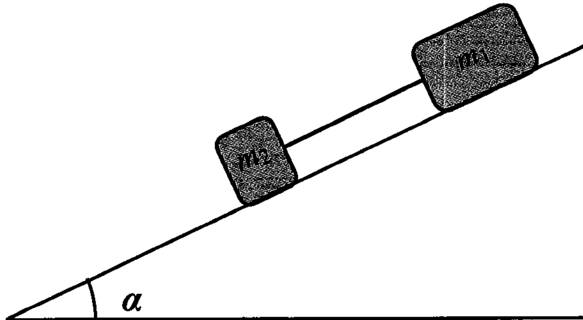
$$(m_2+m_1)g\sin\alpha-\mu_km_1g\cos\alpha-\mu_km_2g\cos\alpha=$$
$$=(m_2+m_1)a$$
$$\Rightarrow(m_2+m_1)g\sin\alpha-\mu_kg\cos\alpha(m_1+m_2)=$$
$$=(m_2+m_1)a$$
$$\Rightarrow a=g(\sin\alpha-\mu_k\cos\alpha)$$

נציב את התאוצה במשוואה (1) או במשוואה (2) ונקבל שוב ש- $T=0$.

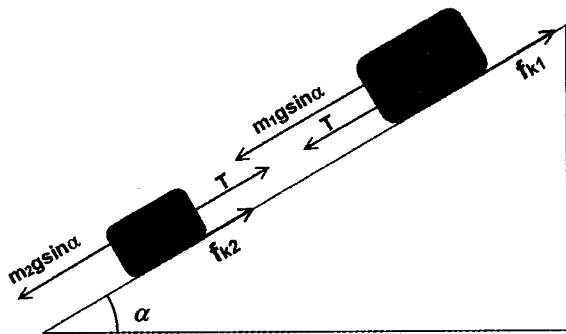
ד.

(1) על מנת שהחוט יהיה מתוח יש להניח בצד התחתון את התיבה שתאוצתה, על המישור המשופע, גדולה יותר אילו התיבות לא היו קשורות זו בזו.

מאחר ולתיבה שמקדם החיכוך הקינטי שלה קטן יותר תהייה תאוצה גדולה יותר כשהתיבות אינן קשורות, ומאחר ונתון ש- $\mu_{k2}<\mu_{k1}$, יש להניח את תיבה 2 בחלק התחתון, ואת תיבה 1 יש לשים בחלקו העליון של המישור המשופע, כפי שמתואר בתרשים.



(2) בתרשים לפניך מתוארים הכוחות הפועלים במקרה זה על שתי התיבות בכיוון התנועה:



עבור m_1 מתקיים:

$$(1)\quad m_1g\sin\alpha+T-f_{k1}=m_1a$$

ועבור m_2:

$$(2)\quad m_2g\sin\alpha-T-f_{k2}=m_2a$$

כאשר:

$$f_{k1}=\mu_{k1}(m_1g\cos\alpha)=0.4(20)\cos60=4\,\text{N}$$
$$f_{k2}=\mu_{k2}(m_2g\cos\alpha)=0.2(10)\cos60=1\,\text{N}$$
$$m_1g\sin60=(20)\sin60=17.3\,\text{N}$$
$$m_2g\sin60=(10)\sin60=8.66\,\text{N}$$

נציב בשתי המשוואות (1) ו-(2) ונקבל:

$$(1)\quad 17.3+T-4=2a$$
$$(2)\quad 8.66-T-1=1a$$

מפתרון שתי משוואות אלה נקבל: $a=6.98\,\text{m/s}^2$ ו- $T=0.66\,\text{N}$.

פתרון שאלה 7\פרק 2

א.

$$[b]=\frac{[F]}{[v^2]}=\frac{\text{N}}{\text{m}^2/\text{s}^2}=\left(\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)\left(\frac{\text{s}^2}{\text{m}^2}\right)=\frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

ב. $$a=\frac{mg-bv^2}{m}=g-\frac{b}{m}v^2 \quad (1)$$

ג. על פי הביטוי מהסעיף הקודם, תאוצת הגוף הולכת וקטנה ככל שמהירות הגוף גדלה, עד לרגע שבו התאוצה מתאפסת. לכן הגוף נופל במהירות שהולכת וגדלה אבל בקצב שהולך וקטן, עד שהיא מגיעה לערך מקסימלי קבוע.

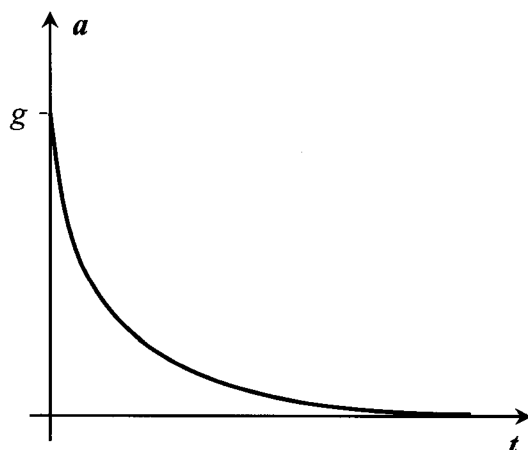
ד. המהירות המקסימלית של הגוף מתקבלת כאשר תאוצת הגוף מתאפסת:

$$a=g-\frac{b}{m}v_{\max}^2=0$$

$$\Rightarrow v_{\max}=\sqrt{\frac{mg}{b}}$$

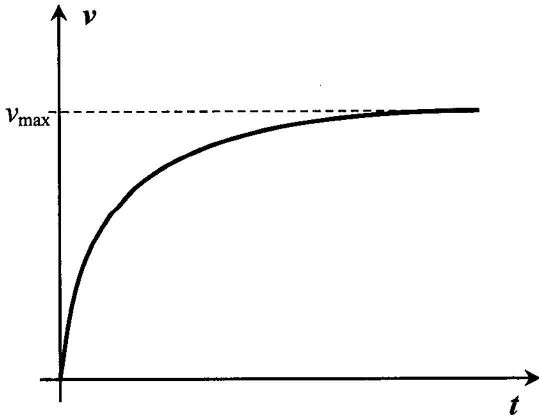
ה. **התאוצה:**

ברגע $t=0$ מהירות הגוף היא אפס, לכן על פי המשוואה מסעיף ב', תאוצת הגוף ברגע זה היא g. ככל שמהירות הגוף גדלה, תאוצתו הולכת וקטנה. ברגע שמהירות הגוף מגיעה לערך המקסימלי, התאוצה מתאפסת. לכן, תאוצת הגוף כפונקציה של הזמן מתוארת על ידי הגרף הבא:



המהירות:

הגוף מתחיל את תנועתו ב-$t=0$ ממהירות אפס. מהירות הגוף גדלה, אבל בקצב שהולך וקטן, כי תאוצתו הולכת וקטנה, עד שהמהירות מגיעה לערכה המקסימלי, כמתואר בגרף הבא:



פתרון שאלה 8\פרק 2

א. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$a=\frac{\Sigma F}{\Sigma m}=\frac{mg-f_k}{\Sigma m}$$

כאשר $\Sigma m=M$ היא המסה הכוללת של המערכת, ו-f_k הוא החיכוך הקינטי בין הקופסה והמשטח:

$$f_k=\mu_k N=\mu_k(M-m)g$$

נציב f_k במשוואה הנ"ל ונקבל:

$$a=\frac{mg-\mu_k(M-m)g}{M}=\frac{mg+\mu_k mg-\mu_k Mg}{M}$$

$$\Rightarrow a=\left(\frac{1+\mu_k}{M}\right)mg-\mu_k g$$

ב. נמצא קודם את משוואת קו המגמה. לשם כך נבחר שתי נקודות על קו המגמה: $(6,1.6)$ ו-$(10,4)$, ונקבל:

$$\frac{y-4}{x-10}=\frac{4-1.6}{10-6}$$

$$\Rightarrow y-4=0.6x-6$$

$$\Rightarrow a=0.6(mg)-2$$

מהשוואת משוואת הקו הישר עם הביטוי (1)

מסעיף א', נקבל: $\mu_k g = 2$, לכן נקבל:

$\mu_k = 0.2$.

(2) שיפוע הגרף שהוא 0.6 מייצג את הגודל: $\frac{1+\mu_k}{M}$. לכן נקבל:

$$\frac{1+0.2}{M} = 0.6 \Rightarrow M = \frac{1+0.2}{0.6} = 2\,\text{kg}$$

(3) מסת כל המשקולות שווה למסה הכוללת פחות מסת הקופסה הריקה:

$$m = M - m' = 2 - 0.4 = 1.6\,\text{kg}$$

מאחר ומסת כל משקולת היא $0.2\,\text{kg}$, נקבל שמספר המשקולות הוא:

$$n = \frac{1.6\,\text{kg}}{0.2\,\text{kg}} = 8$$

ג. התאוצה המקסימלית מתקבלת כאשר מעבירים את כל המשקולות מהקופסה לצד השני. במקרה זה מתקבל:

$$a = \frac{mg - f_k}{M} =$$
$$= \frac{8\times 2 - (0.2)(4)}{2} = 7.6\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את המתיחות בחוט, נרשום את החוק השני של ניוטון עבור המשקולות, ונקבל:

$$mg - T = ma_{max}$$
$$\Rightarrow T = m(g-a) =$$
$$= 1.6(10-7.6) = 3.84\,\text{N}$$

ד. במקרה זה הקופסה נעה על המשטח האופקי בתאוצה שגודלה:

$$a = \frac{-f_k}{m'} = \frac{-\mu_k m' g}{m'} = -\mu_k g = -2\,\text{m/s}^2$$

העתק התיבה עד לעצירתה נתון על ידי:

$$\Delta x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{0-1^2}{2(-2)} = 0.25\,\text{m}$$

פתרון שאלה 9\פרק 2

א. לאחר $t = 25\,\text{s}$ תאוצת הטיל היא $-10\,\text{m/s}^2$, שהיא תאוצת הנפילה החופשית. מכאן שבשלב זה מנוע הטיל הפסיק לעבוד והטיל נע תחת השפעת כוח הכובד בלבד.

לכן כעבור 25 שניות מ-$t=0$ הפסיק מנוע הטיל לעבוד.

על מנת לחשב את הגובה שבו היה הטיל ב-$t = 25\,\text{s}$, נחשב את השטח הכלוא בין גרף המהירות וציר הזמן עד ל-$t = 25\,\text{s}$:

$$h = \frac{200\times 25}{2} = 2500\,\text{m}$$

ב. עד $t = 45$ מהירות הטיל חיובית, כלומר הטיל עולה והגובה שלו מפני הקרקע גדל. לאחר $t = 45\,\text{s}$ הטיל מתחיל ליפול. לכן הטיל מגיע לגובה המקסימלי ב-$t = 45\,\text{s}$.

גובה הטיל בשנייה זו (הגובה המקסימלי) הוא:

$$h_{max} = \frac{45\times 200}{2} = 4{,}500\,\text{m}$$

ג. אחרי $t = 45\,\text{s}$ הטיל מתחיל ליפול כשמהירותו התחילית אפס ותאוצתו $-10\,\text{m/s}^2$ כך מתקיים:

$$y = y_0 + v_0(t-45) - 5(t-45)^2$$

אם נבחר $y = 0$ על פני הקרקע, נקבל $y_0 = 4500\,\text{m}$, וברגע הגעת הטיל לקרקע מתקיים: $y = 0$. בנוסף מתקיים $v_0 = 0$.

לפי זה נקבל:

$$0 = 4500 - 5(t-45)^2$$
$$\Rightarrow t - 45 = 30\,\text{s} \quad \Rightarrow t = 75\,\text{s}$$

ד. הכוחות הפועלים על הגוף הם: כוח הקפיץ, $F_{sp} = k\Delta\ell$, כלפי מעלה וכוח הכובד, mg, כלפי מטה, כך שמתקיים:

$$k\Delta\ell - mg = ma \quad \Rightarrow \Delta\ell = \frac{m(g+a)}{k}$$

בפרק הזמן $0 \le t < 25\text{s}$ תאוצת הטיל היא $a = 8\,\text{m/s}^2$. לכן נקבל:

$$\Delta\ell = \frac{0.4(10+8)}{40} = 0.18\,\text{m}$$

עבור $t > 25\text{s}$, תאוצת הטיל היא תאוצת הנפילה החופשית $(-10\,\text{m/s}^2)$. לכן נקבל:

$$\Delta\ell = \frac{0.4(10-10)}{40} = 0$$

ה. לפי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$F - Mg = Ma$$

$$\Rightarrow F = M(g+a) = 250(10+8) = 4{,}500\,\text{N}$$

פתרון שאלה 10\פרק 2

א. כאשר המעלית נמצאת במנוחה מתקיים, על פי החוק הראשון של ניוטון: $F_{sp} = mg$. מכיוון שכאשר המעלית נמצאת במנוחה קריאת הדינמומטר, על פי הגרף, היא $20\,\text{N}$, נקבל:

$$mg = 20\,\text{N} \;\Rightarrow m = 2\,\text{kg}$$

ב. תאוצת הגוף (שהיא שווה לתאוצת המעלית), נתונה, על פי החוק השני של ניוטון, על ידי:

$$a = \frac{F - mg}{m} = \frac{F-20}{2}$$

מכאן נקבל:

בפרק הזמן $0-5\text{s}$: $a_1 = \frac{20-20}{2} = 0$

בפרק הזמן $5-13\text{s}$: $a_1 = \frac{21-20}{2} = 0.5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

בפרק הזמן $13-20\text{s}$: $a_1 = \frac{20-20}{2} = 0$

בפרק הזמן $20-28\text{s}$:

$$a_1 = \frac{19-20}{2} = -0.5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

ג.

בפרק הזמן $0-5\text{s}$: המעלית נמצאת במנוחה.

בפרק הזמן $5-13\text{s}$: המעלית עולה בתאוצה קבועה.

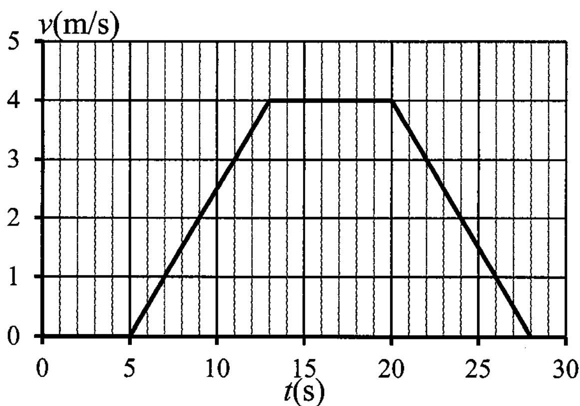
בפרק הזמן $13-20\text{s}$: המעלית עולה במהירות קבועה.

בפרק הזמן $20-28\text{s}$: המעלית עולה בתאוטה קבועה.

ד. מהירות המעלית כפונקציה של הזמן נתונה על ידי הביטוי הבא:

$$v = \begin{cases} 0 & 0 \le t < 5\text{s} \\ 0.5(t-5) & 5 \le t < 13\text{s} \\ 4 & 13 \le t < 20\text{s} \\ 4 - 0.5(t-20) & 20 \le t \le 28\text{s} \end{cases}$$

על פי ביטוי זה נקבל את הגרף המוצג להלן המתאר את מהירות המעלית כפונקציה של הזמן:



ה.

(1) העתק המעלית שווה לשטח הכלוא בין גרף המהירות ובין ציר הזמן עד $t = 28\text{s}$:

$$\Delta y = \frac{23+7}{2} \times 4 = 60\,\text{m}$$

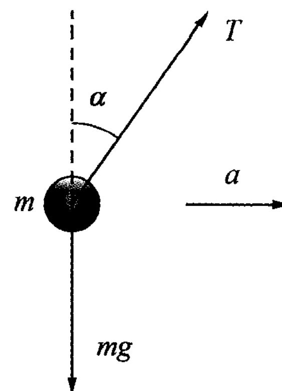
(2) $\bar{v} = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{60}{28} = 2.14\,\text{m/s}$

ו. הגרף לא משתנה, כי קריאת הדינמומטר תלויה בתאוצת הגוף ובמסתו ואינה תלויה במהירות הגוף.

ז. מכיוון ש- $F = m(g+a)$, קריאת הדינמומטר מתאפסת כאשר $a = -g$, כלומר כאשר המעלית נופלת נפילה חופשית.

פתרון שאלה 11\פרק 2

א. על הכדור פועלים כוח הכובד mg והמתיחות בחוט T כפי שמתואר בתרשים הבא:



בכיוון אנכי מתקיים החוק הראשון של ניוטון:

$T\cos\alpha = mg$

בכיוון אופקי מתקים החוק השני של ניוטון:

$T\sin\alpha = ma$

נחלק את המשוואה השנייה בראשונה ונקבל:

$$\tan\alpha = \frac{a}{g}$$
$$\Rightarrow a_1 = g\tan\alpha = 10\tan 14 = 2.5\,\text{m/s}^2$$

ב. על פי החוק השני של ניוטון, תאוצת המערכת נתונה על ידי:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{mg - f_k}{m+M} = \frac{mg - \mu_k Mg}{m+M}$$

נציב את התאוצה ואת המסות ונקבל:

$$2.5 = \frac{4-\mu_k(6)}{0.4+0.6} \quad \Rightarrow \mu_k = 0.25$$

ג. לאחר שהמשקולת הגיעה לקרקע, בכיוון האופקי פועל על התיבה כוח החיכוך בלבד, וכיוונו מנוגד לכיוון תנועתה. מהחוק השני של ניוטון נקבל:

$$a_2 = \frac{-f_k}{m} = -\frac{\mu_k M_1 g}{M_1} = -\mu_1 g = -2.5\,\text{m/s}^2$$

ד. נשתמש בקשר מסעיף א' ונקבל:

$$\tan\alpha = \frac{a}{g} = \frac{-2.5}{10} \quad \Rightarrow \alpha = -14^\circ$$

ה. נחשב קודם את הזמן שלוקח למשקולת m להגיע לקרקע בתאוצה של $2.5\,\text{m/s}^2$, וזאת על ידי שימוש בקשר:

$$y = \tfrac{1}{2}a_1 t^2$$
$$\Rightarrow 0.8 = \tfrac{1}{2}(2.5)t^2 \quad \Rightarrow t = 0.8\,\text{s}$$

מכאן שבשלב הראשון של התנועה, מ- $t=0$ עד $t=0.8\,\text{s}$, מהירות התיבה כפונקציה של הזמן נתונה על ידי:

$$v = 2.5t$$

המהירות בסוף שלב זה, שנמשך $0.8\,\text{s}$, היא $2\,\text{m/s}$. המהירות כפונקציה של הזמן בשלב השני נתונה על ידי:

$$v = 2 - 2.5(t-0.8)$$

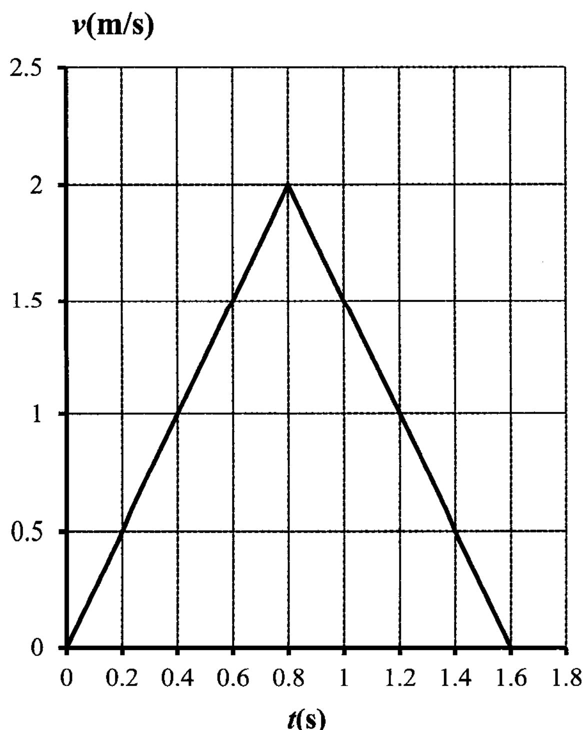
התיבה נעצרת כאשר מתקיים:

$$0 = 2 - 2.5(t-0.8)$$
$$\Rightarrow t = 1.6\,\text{s}$$

מכאן נקבל:

$$v = \begin{cases} 2.5t & 0 \le t < 0.8\,\text{s} \\ 2 - 2.5(t-0.8) & 0.8 < t \le 1.6\,\text{s} \end{cases}$$

מביטוי זה נקבל את הגרף הבא:



ו. העתק התיבה מ-$t=0$ עד לעצירתה שווה לשטח הכלוא בין עקומת המהירות ובין ציר הזמן עד ל-$t=1.6\,\text{s}$. מכאן נקבל:

$$\Delta x=\frac{2\times 1.6}{2}=1.6\,\text{m}$$

ז. לפי סעיף ב', תאוצת המערכת נתונה על ידי:

$$a=\left(\frac{m-\mu_k M}{m+M}\right)g<g$$

לפי סעיף א', הזווית α נתונה על ידי:

$$\tan\alpha=\frac{a}{g}$$

מכיוון ש-$a<g$ נקבל ש-$\tan\alpha<1$, וזה מתקיים רק אם $\alpha<45^\circ$ (יש לשים לב שהזווית כאן היא בתחום 0-90 מעלות).

פתרון שאלה 12\פרק 2

א. בשלב III המערכת נמצאת במצב שווי משקל. בשלב זה קריאת הדינמומטר שווה למשקל שתי המסות m_1 ו- m_2. לכן בשלב זה מתקיים: $16=m_1g+m_2g$.

מכיוון ש-$m_1=m_2$, נקבל מהביטוי האחרון ש- $m_1=m_2=0.8\,\text{kg}$.

ב.

(1) קריאת הדינמומטר שווה ל-$2T_1$. לפי הגרף קריאת הדינמומטר בפרק זמן זה שווה ל-$19.2\,\text{N}$ לכן נקבל: $2T_1=19.2$, ומכאן: $T_1=9.6\,\text{N}$.

(2) על מנת לחשב את תאוצת המערכת, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור המסה m_1 ונקבל:

$$T-m_1g=m_1a$$
$$\Rightarrow a=\frac{T-m_1g}{m_1}=\frac{9.6-8}{0.8}=2\,\text{m/s}^2$$

(3) נרשום את החוק השני של ניוטון עבור המסה m_2 ונקבל:

$$T_2+m_2g-T_1=m_2a$$
$$\Rightarrow T_2=T_1+m_2(a-g)$$
$$\Rightarrow T_2=9.6+0.8(2-10)=3.2\,\text{N}$$

ג. על מנת לחשב את m_3, נרשום את החוק השני של ניוטון עבור מסה זו:

$$m_3g-T_2=m_3a$$
$$\Rightarrow m_3=\frac{T_2}{g-a}=\frac{3.2}{10-2}=0.4\,\text{kg}$$

ד. במצב I שבו התלמיד החזיק את המערכת במנוחה מתקיים:

$$T_1=m_2g+m_3g=8+4=12\,\text{N}$$

קריאת הדינמומטר היא:

$$F=2T_1=24\,\text{N}$$

ה. המסה m_3 מגיעה לקרקע תוך שנייה אחת בתאוצה של $2\,\text{m/s}^2$, כשמהירותה התחילית אפס. לכן נקבל:

$$h_1=\tfrac{1}{2}(2)(1)^2=1\,\text{m}$$

פתרון שאלה 13\פרק 2

א. הכוח המינימלי שיש להפעיל על מנת להרים את הגוף במערכת המתוארת בתרשים א' הוא:

$$F_{1\min}=T=Mg=800\,\text{N}$$

הכוח המינימלי שיש להפעיל במערכת המתוארת בתרשים ב' הוא: $F_{2\min}=T$, אבל במקרה זה מתקיים:

$$2T=Mg\quad\Rightarrow T=\tfrac{1}{2}Mg=400\,\text{N}$$

לכן במערכת שבתרשים ב' מתקיים:

$$F_{2\min}=400\,\text{N}$$

ב. במערכת המתוארת בתרשים א' המשקולת נשארת על הקרקע כי הכוח המופעל קטן

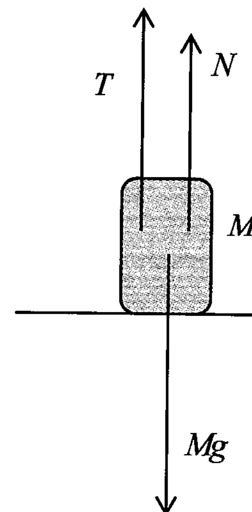
מהכוח המינימלי המאפשר הרמת המשקולת.

במקרה זה פועלים על המשקולת הכוחות המתוארים בתרשים הבא: Mg כלפי מטה, T כלפי מעלה, והכוח שהקרקע מפעילה על התיבה כלפי מעלה, N.

במצב שווי המשקל מתקיים:

$$N = Mg - T = 800 - 500 = 300\,\text{N}$$

המשקולת מפעילה על הקרקע כוח השווה בגודלו ל-N ומנוגד לו בכיוון. כלומר כוח שגודלו $300\,\text{N}$ כלפי מטה.



במערכת המתוארת בתרשים ב', המשקולת עולה בתאוצה שגודלה:

$$a = \frac{2T - Mg}{M} = \frac{1000 - 800}{80} = 2.5\,\text{m/s}^2$$

ג. כעת המשקולת, בשני התרשימים, עולה כלפי מעלה בתאוצה.

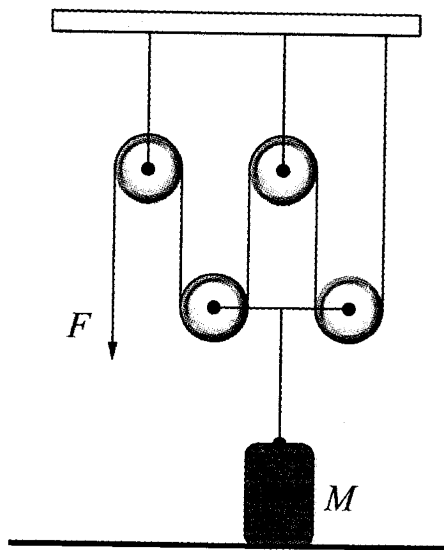
תאוצת המשקולת במקרה המתואר בתרשים א' היא:

$$a_1 = \frac{T - Mg}{M} = \frac{900 - 800}{800} = 0.125\,\text{m/s}^2$$

ותאוצת המשקולת במקרה המתואר בתרשים ב' היא:

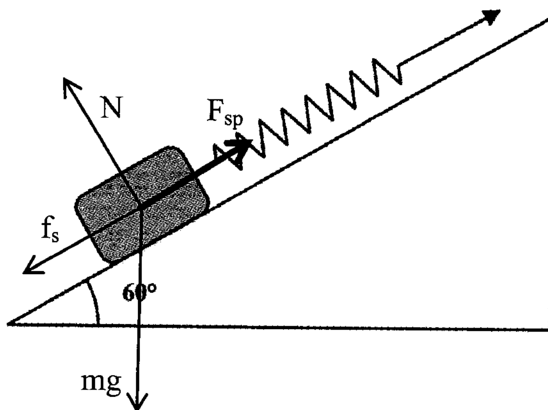
$$a_1 = \frac{2T - Mg}{M} = \frac{1800 - 800}{800} = 1.25\,\text{m/s}^2$$

ד.



פתרון שאלה 14\פרק 2

א.



בנוגע לכיוון f_s יש שתי אפשרויות:

הראשונה: אם הכוח השקול של שאר הכוחות מכוון במעלה המישור המשופע (כלומר $F_{sp} > mg\sin\alpha$), והגוף עדיין במנוחה, כיוון f_s יהיה כלפי מטה כפי שמתואר בתרשים.

השנייה: אם הכוח השקול של שאר הכוחות מכוון במורד המישור המשופע (כלומר $F_{sp} < mg\sin\alpha$), והגוף עדיין במנוחה, כיוון f_s יהיה בכיוון מעלה המישור המשופע.

ב. ההתארכות המקסימלית של הקפיץ כך שהתיבה תישאר במנוחה, היא זו שעבורה

מתקיים $f_s = f_{s\max}$ בכיוון מורד המישור המשופע. במקרה זה נקבל:

$$k\Delta\ell_{\max} = mg\sin\alpha + \mu_s mg\cos\alpha$$

$$\Rightarrow \Delta\ell_{\max} = \frac{mg(\sin\alpha + \mu_s\cos\alpha)}{k} =$$

$$= \frac{20(\sin 60 + 0.4\cos 60)}{100} = 0.21\,\text{m}$$

ג. על מנת שכוח החיכוך הסטטי יתאפס, צריך להתקיים:

$$F_{sp} = mg\sin 60 = 20\sin 60 = 17.32\,\text{N}$$

$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{17.32}{100} \cong 0.17\,\text{m}$$

ד. במקרה המתואר בסעיף הקודם, כאשר מקטינים את הכוח F, הגודל $mg\sin 60$ נעשה גדול מהכוח F. במקרה זה כיוון כוח החיכוך הסטטי הוא בכיוון מעלה המישור המשופע, כך שמתקיים:

$.k\Delta\ell + f_s = mg\sin 60$

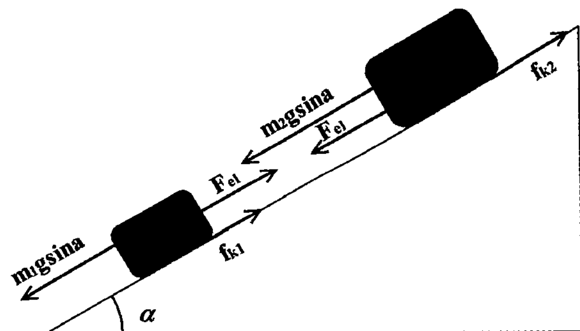
ההתארכות המינימלית האפשרית עבור הקפיץ, $\Delta\ell_{\min}$, תתקבל כאשר מתקיים $f_s = f_{s\max}$. במקרה זה נקבל:

$$k\Delta\ell_{\min} + \mu_s mg\cos\alpha = mg\sin\alpha$$

$$\Rightarrow \Delta\ell_{\min} = \frac{mg(\sin\alpha - \mu_s\cos\alpha)}{k}$$

$$\Rightarrow \Delta\ell_{\min} = \frac{20(\sin 60 - 0.4\cos 60)}{100} = 0.13\,\text{m}$$

ה. בתרשים מוצגים הכוחות הפועלים על כל אחת משתי התיבות במקביל למישור המשופע:



עבור התיבה 2 מתקיים:

$$(1)\quad m_2 g\sin\alpha + F_{sp} - f_{k2} = m_2 a$$

עבור התיבה 1 מתקיים:

$$(2)\quad m_1 g\sin\alpha - F_{sp} - f_{k1} = m_1 a$$

נחבר את שתי המשוואות ונקבל:

$$(3)\quad (m_1 + m_2)g\sin\alpha - f_{k1} - f_{k2} = (m_1 + m_2)a$$

כאשר:

$$f_{k1} = \mu_k m_1 g\cos\alpha$$
$$f_{k2} = \mu_k m_2 g\cos\alpha$$

נציב במשוואה (3) ונקבל:

$$(m_1 + m_2)g\sin\alpha - \mu_k g\cos(m_1 + m_2) =$$
$$= (m_1 + m_2)a$$

$$\Rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu_k\cos\alpha) = 7.16\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את התארכות הקפיץ, נציב את התאוצה במשוואה (1) ונקבל:

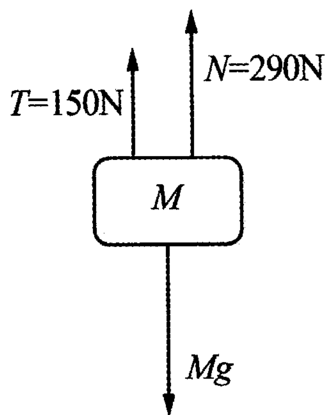
$$m_2 g\sin\alpha + F_{el} - \mu_k m_2 g\cos\alpha =$$
$$= m_2 g(\sin\alpha - \mu_k\cos\alpha)$$

$$\Rightarrow F_{sp} = 0 \quad \Rightarrow \Delta\ell = 0$$

כלומר התארכות הקפיץ במקרה זה היא אפס.

פתרון שאלה 15\פרק 2

א. על התיבה פועלים הכוחות המוצגים בתרשים הבא. מכיוון שהתיבה נמצאת במצב שווי משקל, נקבל:



$$Mg = T + N$$

$$\Rightarrow M = \frac{T+N}{g} = \frac{150+290}{10} = 44\,\text{kg}$$

ב. מכיוון שהגלגלת אידיאלית, מסתה אפס. בנוסף, מכיוון שהיא נמצאת במצב שווי משקל, מתקיים שהכוח, T_1, שהחבל מפעיל עליה כלפי מעלה שווה לסכום שני הכוחות ששני החבלים האחרים מפעילים על הגלגלת כלפי מטה. לכן מתקיים:

$$T_1 = 2T = 2(150) = 300\,\text{N}$$

ג. על מנת שהתלמיד יטפס על החבל בתאוצה, הוא צריך להפעיל על החבל כוח שהוא גדול ממשקלו. לכן (כוח) המתיחות בחבל במקרה זה יהיה גדול מ- $400\,\text{N}$, כלומר גדול מכוח המתיחות שפעל קודם. כתוצאה מכך הכוח הנורמלי N שפועל על התיבה יקטן. מכיוון שהכוח שהתיבה מפעילה על המאזניים (קריאת המאזניים) שווה בגודל ל- N, נקבל שקריאת המאזניים תקטן כתוצאה מכך.

ד. נחשב קודם את המתיחות בחוט. לשם כך נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור התלמיד:

$$T - mg = ma$$

$$\Rightarrow T = m(g+a) = 40(10+0.25) = 410\,\text{N}$$

כוח זה פועל על התיבה וגורם להקטנת הכוח הנורמלי N, כך שלפי החוק הראשון של ניוטון מתקיים:

$$N + T = Mg$$

$$\Rightarrow N = Mg - T = 440 - 410 = 30\,\text{N}$$

ה. על מנת שקריאת המאזניים תתאפס, צריך להתקיים ש- $T = Mg = 440\,\text{N}$.

כלומר התלמיד צריך להפעיל על החבל כוח שגודלו $440\,\text{N}$ כלפי מטה. כתוצאה מכך, החבל מפעיל על התלמיד כוח שגודלו $440\,\text{N}$ כלפי מעלה, כוח שגורם לו לעלות בתאוצה שגודלה:

$$a = \frac{T - mg}{m} = \frac{440-400}{40} = 1\,\text{m/s}^2$$

ו.

(1)

$$T - mg = ma$$

$$\Rightarrow T = m(g+a) = 40(10+2) = 480\,\text{N}$$

$$a_M = \frac{T - Mg}{M} = \frac{480-440}{44} = 0.91\,\text{m/s}^2 \quad (2)$$

פתרון שאלה 16\פרק 2

א. לפי הגרף, המהירות ההתחלתית של התיבה שלילית. מכיוון שהמהירות ההתחלתית של התיבה היא בכיוון שמאל (בתרשים א' שבשאלה), ניתן להסיק שכיוון זה הוא הכיוון השלילי, ולכן הכיוון החיובי הוא ימינה.

ב. לפי הגרף, $v_0 = -6\,\text{m/s}^2$. התאוצה היא שיפוע הגרף:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-(-6)}{3-0} = 2\,\text{m/s}^2$$

ג. מהחוק השני של ניוטון, מתקבל שתאוצת המערכת נתונה על ידי: $a = \frac{mg}{M+m}$

נציב את התאוצה מהסעיף הקודם ו- $m = 0.1\,\text{kg}$ ונקבל:

$$\frac{10(0.1)}{M+0.1} = 2 \;\Rightarrow M = 0.4\,\text{kg}$$

ד. הגובה H שווה להעתק הכולל של התיבה החל מ- $t=0$ עד לזמן הגעת המשקולת לפני הקרקע ב- $t = 6.2\,\text{s}$:

$$H = \frac{-6\times 3}{2} + \frac{6.4\times 3.2}{2} = 1.24\,\text{m}$$

ה. תאוצת המערכת, a_1, בכיוון שמאלה (שים לב! הכיוון החיובי ימינה):

$$a_1 = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{mg + \mu_k Mg}{m+M} = \frac{1+0.2(4)}{0.1+0.4} = 3.6\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

תאוצת המערכת, a_2, בחזרה ימינה:

$$a_2 = \frac{mg - \mu_k Mg}{m+M} = \frac{1-0.2(4)}{0.1+0.4} = 0.4\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

ו. העתק התיבה בכיוון השלילי הוא:

$$\Delta x_1 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(a)} = \frac{0-(-2.4)^2}{2(3.6)} = 0.8\,\text{m}$$

והזמן שחלף עד העצירה הרגעית החל מ- $t=0$ הוא:

$$t_1 = \frac{v_2 - v_1}{a} = \frac{0-(-2.4)}{3.6} = \frac{2}{3}\text{s}$$

ברגע זה גובה המשקולת מעל הקרקע יהיה:

$h = 0.45 + 0.8 = 1.25\,\text{m}$

החל מרגע זה, המשקולת מתחילה ליפול ממנוחה בתאוצה קבועה של $0.4\,\text{m/s}^2$.

על מנת לחשב את הזמן שלוקח לתיבה להגיע לקרקע, נשתמש בקשר:

$$y = y_0 + v_0(t-\tfrac{2}{3}) + \tfrac{1}{2}a(t-\tfrac{2}{3})^2$$

נבחר את הכיוון החיובי של ציר y כלפי מטה ואת $y=0$ במיקום המשקולת ברגע העצירה הרגעית ונקבל:

$y_0 = 0$, $v_0 = 0$, $a = 0.4\,\text{m/s}^2$ וכאשר המשקולת מגיעה לקרקע $y = 1.25\,\text{m}$. נציב ונקבל:

$$1.25 = 0 + 0 + \tfrac{1}{2}(0.4)(t-\tfrac{2}{3})^2 \quad \Rightarrow t = 3\tfrac{1}{6}\text{s}$$

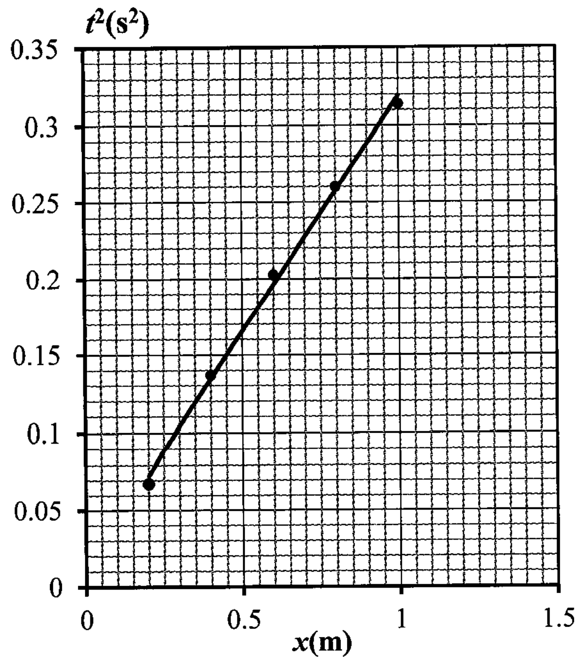
פתרון שאלה 17\פרק 2

א. הקשר בין t ו- x מתקבל מהמשוואה:

$$x = \tfrac{1}{2}at^2 \quad \Rightarrow t^2 = \frac{2}{a}x$$

(שים לב! בניסוי זה x הוא המשתנה החופשי ו- t הוא המשתנה התלוי).

על מנת לקבל גרף לינארי, יש לשרטט את t^2 כפונקציה של x. מתקבל הגרף הבא:



ב. נחשב קודם את שיפוע הגרף. לשם כך נבחר שתי נקודות על קו המגמה, לדוגמה: $(0.35, 0.12)$ ו-$(1, 0.32)$. לכן שיפוע הגרף הוא:

$$\frac{0.32-0.12}{1-0.35} = 0.3$$

על פי הקשר מסעיף א', השיפוע מייצג את הגודל $2/a$. לכן נקבל:

$$\frac{2}{a} = 0.3 \qquad \Rightarrow a = 6\tfrac{2}{3}\text{m/s}^2$$

ג. מהחוק השני של ניוטון נקבל:

$$a = \frac{mg\sin\alpha - f_k}{m} = \frac{mg\sin\alpha - \mu_k mg\cos\alpha}{m} = g\sin\alpha - \mu_k g\cos\alpha$$

נציב a ו- α ונקבל:

$$g\sin 50 - \mu_k g\cos 50 = 6\tfrac{2}{3} \quad \Rightarrow \mu_k = 0.15$$

ד. התאוצה המקסימלית המתקבלת עבור זווית שיפוע של 50° הוא כאשר המשטח חלק וגודלה:

$$a_{\max} = g\sin 50 = 7.66\,\text{m/s}^2$$

כל תאוצה אחרת המתקבלת כאשר המשטח לא

חלק צריכה להיות קטנה מ- $7.66\,\text{m/s}^2$. לכן התוצאה שקיבל התלמיד לא אפשרית.

ה. במקרה המתואר בסעיף זה, כאשר $\alpha = 42°$, מתקיים:

$$mg\sin 42 = f_{s\max}$$
$$\Rightarrow mg\sin 42 = \mu_s mg\cos 42$$
$$\Rightarrow \mu_s = \tan 42 = 0.9$$

פתרון שאלה 18\פרק 2

א. על פי הגרף המוצג בתרשים ב', המערכת נעה בתאוצה עד $t = 1\text{s}$, ולאחר מכן התיבה ממשיכה לנוע בתאוטה. מכאן שהמשקולת הגיעה לרצפה ב- $t = 1\text{s}$. הגובה שלה מעל לרצפה ב- $t = 0$ שווה להעתקה מ- $t = 0$ עד $t = 1\text{s}$, השווה לשטח הכלוא בין גרף המהירות וציר הזמן בין הזמנים $t = 0$ ו- $t = 1\text{s}$. לכן:

$$h = \Delta y = \frac{4\times 1}{2} = 2\,\text{m}$$

ב. אם המשטח היה חלק, לאחר הגעת המשקולת לרצפה, התיבה הייתה ממשיכה לנוע עליו במהירות קבועה. אבל לפי הגרף המוצג בתרשים ב', לאחר הגעת המשקולת לרצפה, התיבה מתחילה להאט. ניתן להסיק מכך שהמשטח איננו חלק.

על מנת לחשב את מקדם החיכוך הקינטי, נחשב את תאוצת התיבה בהשפעת כוח החיכוך, אותה מייצג שיפוע הגרף בפרק הזמן $1\text{s} < t \le 3\text{s}$. מהגרף מתקבל: $a = -2\,\text{m/s}^2$.

מצד שני, לפי החוק השני של ניוטון, מתקיים:

$$a = \frac{-f_k}{m_1} = -\frac{\mu_k m_1 g}{m_1} = -\mu_k g$$

מהקשר האחרון נקבל:

$$-\mu_k g = -2 \;\Rightarrow\; \mu_k = 0.2$$

ג. בשלב הראשון של התנועה, שבו התיבה נעה בתאוצה בהשפעת המשקולת, מתקיים:

$$a = \frac{m_2 g - f_k}{m_1 + m_2} = \frac{m_2 g - \mu_k m_1 g}{m_1 + m_2}$$

על פי הגרף, התאוצה בשלב זה היא: $4\,\text{m/s}^2$.

לכן נקבל:

$$\frac{m_2 g - \mu_k m_1 g}{m_1 + m_2} = 4$$
$$\Rightarrow \frac{10m_2 - (0.2)(1)(10)}{1 + m_2} = 4$$
$$\Rightarrow 10m_2 - 2 = 4 + 4m_2$$
$$\Rightarrow 6m_2 = 6 \qquad \Rightarrow m_2 = 1\text{kg}$$

ד. ההעתק הכולל של התיבה הוא השטח הכלוא בין גרף המהירות וציר הזמן מ- $t = 0$ ועד $t = 3\text{s}$, שהוא:

$$\Delta x = \frac{4\times 3}{2} = 6\,\text{m}$$

ה. בשלב שבו המשקולת עדיין באוויר תאוצת המערכת היא:

$$a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} = \frac{10}{1+1} = 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

התיבה נעה בתאוצה זו עד הגעת המשקולת לרצפה. המקשולת מגיעה לרצפה בזמן שגודלו:

$$\Delta x = \tfrac{1}{2}at^2$$
$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2\Delta x}{a}} = \sqrt{\frac{2(1.6)}{5}} = 0.8\,\text{s}$$

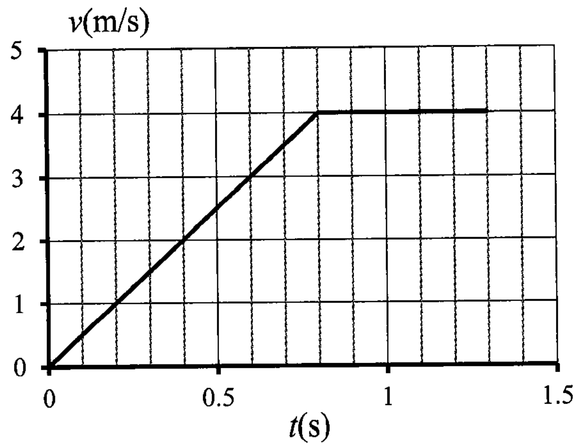
לכן עד לזמן זה התיבה נעה בתאוצה קבועה, ולאחר מכן התיבה ממשיכה במהירות קבועה שגודלה:

$$v = at = 5\times 0.8 = 4\,\text{m/s}$$

במהירות זו התיבה מגיעה לקצה השולחן בזמן המתקבל מהקשר:

$$x = x_0 + v_0(t - 0.8)$$
$$3.2 = 1.6 + 4(t - 0.8) \qquad \Rightarrow t = 1.3\,\text{s}$$

לכן מהירות התיבה כפונקציה של הזמן מתוארת בגרף זה:



פתרון שאלה 19\פרק 2

א. בפרק הזמן $0-3\text{s}$, המערכת נמצאת במנוחה, לכן מתקיים בו ש- $T=m_2g$. על פי הגרף, המתיחות בחוט בשלב זה היא 4N, לכן נקבל:

$$m_2=\frac{4}{g}=0.4\text{kg}$$

ב. כאשר המערכת במנוחה, מתקיים, $T=m_2g$. כאשר המערכת נעה בתאוצה מתקיים, על פי החוק השני של ניוטון, $m_2g>T$. לכן, כאשר המערכת נעה בתאוצה, המתיחות בחוט חייבת לקטון.

ג. על מנת לחשב את תאוצת המערכת, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור המסה m_2:

$$a=\frac{m_2g-T}{m_2}$$

על פי הגרף, כאשר המערכת נעה בתאוטה, המתיחות בחוט היא: $T=3.6\text{N}$. נציב במשוואת התאוצה ונקבל:

$$a=\frac{4-3.6}{0.4}=1\text{m/s}^2$$

ד. הזמן הנדרש למשקולת להגיע לקרקע מרגע שחרור המערכת הוא שנייה אחד. מכיוון שתאוצת המערכת היא 1m/s^2 והמהירות ההתחלתית היא אפס, נקבל:

$$h=\tfrac{1}{2}at^2=\tfrac{1}{2}(1)(1)^2=0.5\text{m}$$

ה. כוח המתיחות בחוט הפועל על התיבה במהלך תנועתה בתאוצה הוא $T=3.6\text{N}$. אם אין חיכוך בין התיבה והמשטח, תאוצת התיבה (שהיא זהה לתאוצה המערכת) אמורה להיות:

$$a=\frac{T}{m_1}=\frac{3.6}{2}=1.8\text{m/s}^2$$

מכיוון שתאוצת המערכת בפועל קטנה מערך זה, ניתן להסיק שהמשטח אינו חלק.

על מנת לחשב את מקדם החיכוך הקינטי נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור התיבה:

$$T-\mu_k m_1 g=m_1 a$$

$$\Rightarrow \mu_k=\frac{T-m_1a}{m_1g}=\frac{3.6-1(1)}{1(10)}=0.26$$

פתרון שאלה 20\פרק 2

א. ממצב שווי משקל עבור הגלגלת a מתקבל:

1. $T_2=2T_1$

ממצב שווי משקל עבור המסה m_1 מתקבל:

2. $T_1=m_1g$

וממצב שווי משקל עבור המסה m_2 מתקבל:

3. $T_2=m_2g$

נציב את המשוואות 2 ו-3 ב-1 ונקבל:

$$m_2g=2m_1g \Rightarrow \quad m_2=2m_1$$

ב.

(1) על פי הסעיף הקודם, על מנת שהמערכת תהייה במצב שווי משקל $m_2=2m_1$. מכיוון שכעת $m_2=m_1$, כלומר m_2 קטן מהערך המקיים שווי משקל, נקבל שהמסה m_2 תעלה כלפי מעלה והמסה m_1 תרד כלפי מטה.

(2) כאשר המסה m_1 יורדת מרחק x, אורך זה מתחלק על שני החבלים הקשורים לגלגלת a

ולכן המסה m_2 עולה ב- $x/2$. לכן מתקיים:

$$a_2 = \tfrac{1}{2}a_1$$

(3) על פי החוק השני של ניוטון מתקיים עבור המסה m_1:

$$(1)\quad m_1g - T_1 = m_1a_1$$

ועבור המסה m_2:

$$(2)\quad T_2 - m_2g = m_2a_2$$

נציב במשוואה האחרונה $a_2 = \tfrac{1}{2}a_1$ ו- $T_2 = 2T_1$ ונקבל:

$$(3)\quad 2T_1 - m_2g = m_2\left(\tfrac{1}{2}a_1\right)$$

נחלץ את T_1 ממשוואה (1) ונקבל:

$$(4)\quad T_1 = m_1g - m_1a$$

נציב את T_1 במשוואה (3) ונקבל:

$$2(m_1g - m_1a) - m_2g = m_2\left(\tfrac{1}{2}a_1\right)$$
$$2m_1g - 2m_1a - m_2g = \tfrac{1}{2}m_2a_1$$

מאחר ומתקיים $m_1 = m_2$, נקבל:

$$2g - 2a - g = \tfrac{1}{2}a_1$$
$$\Rightarrow 2.5a_1 = g$$
$$\Rightarrow a_1 = 0.4g = 4\,\text{m/s}^2$$
$$\Rightarrow a_2 = 0.2g = 2\,\text{m/s}^2$$

(4) ממשוואה 4 נקבל:

$$T_1 = m_1g - m_1a = 0.6m_1g$$

מכיוון ש- $T_2 = 2T_1$, נקבל:

$$T_2 = 1.2m_1g$$

גם מתקיים $T_3 = 2T_1$, ולכן נקבל:

$$T_3 = 1.2m_1g$$

ג. כעת צריך להתקיים $a_1 = 0.4g$ כלפי מעלה, ולכן $a_2 = 0.2g$ כלפי מטה.

החוק השני של ניוטון עבור m_1 נותן:

$$T_1 - m_1g = m_1(0.4g)$$
$$\Rightarrow T_1 = 1.4m_1g$$

מכיוון שמתקיים $T_2 = 2T_1$, נקבל כעת:

$$T_2 = 2.8m_1g$$

החוק השני של ניוטון עבור m_2 נותן:

$$m_2g - T_2 = m_2a_2$$
$$\Rightarrow m_2g - (2.8m_1g) = m_2(0.2g)$$
$$\Rightarrow 0.8m_2g = 2.8m_1g$$
$$\Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{2.8}{0.8} = 3.5$$

פתרון שאלה 21\פרק 2

א. על מנת שהקפיץ יהיה רפוי, המתיחות כלפי מעלה בחוט הקשור למסה m_1 צריכה להיות שווה ל- m_1g, מכאן שעל מנת שהקפיץ יהיה רפוי יש להפעיל על קצה החוט כוח F השווה ל- $m_1g = 6\,\text{N}$.

ב. על מנת שהכוח שמפעילה המסה m_2 על הרצפה יתאפס, צריך להתקיים: $F_{sp} = m_2g$.

שימוש בחוק הראשון עבור המסה m_1 נותן:

$$F = m_1g + F_{sp} = m_1g + m_2g =$$
$$= (0.6+1.2)10 = 18\,\text{N}$$

ג. $$\Delta\ell = \frac{F_{sp}}{k} = \frac{m_2g}{k} = \frac{12}{60} = 0.2\,\text{m}$$

ד. החוק השני של ניוטון עבור המסה m_1:

$$1.\quad F - m_1g - F_{sp} = m_1a$$

ועבור המסה m_2:

$$2.\quad F_{sp} - m_2g = m_2a$$

נחבר את שתי המשוואות האחרונות ונקבל:

$$F - (m_1+m_2)g = (m_1+m_2)a$$
$$\Rightarrow a = \frac{F - (m_1+m_2)g}{m_1+m_2}$$
$$\Rightarrow a = \frac{36-18}{1.8} = 10\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את F_{sp} נציב במשוואה 2

ונקבל:

$$F_{sp}-12=1.2(10)$$

$$\Rightarrow F_{sp}=24\,\text{N} \qquad \Rightarrow \Delta\ell=\frac{F_{sp}}{k}=\frac{24}{60}=0.4\,\text{m}$$

פתרון שאלה 22\פרק 2

א. על פי תרשים ב', הכוח חיובי, ומכיוון שכוח זה מכוון שמאלה, ניתן להסיק שהכיוון הזה הוא הכיוון החיובי.

ב. על פי הגרפים ב ו-ג, כאשר $F=10\,\text{N}$ התאוצה מתאפסת. כלומר המערכת נמצאת בשיווי משקל. במקרה זה מתקיים:

$$F=T=mg$$

מכיוון ש- $F=10\,\text{N}$, נקבל:

$$mg=10 \quad \Rightarrow m=1\,\text{kg}$$

ג. על פי הגרפים ב ו-ג, כאשר $F=18\,\text{N}$, $a=2\,\text{m/s}^2$.

תאוצת המערכת נתונה על ידי הביטוי:

$$a=\frac{F-mg}{M+m}$$

נציב: $F=18\,\text{N}$, $a=2\,\text{m/s}^2$ ו- $m=1\,\text{kg}$

ונקבל:

$$2=\frac{18-10}{M+1} \quad \Rightarrow M=3\,\text{kg}$$

ד. עד לזמן $t=0.4\,\text{s}$ המערכת נמצאת במנוחה, ומ- $t=0.4\,\text{s}$ עד $t=1.2\,\text{s}$ המערכת נעה שמאלה בתאוצה קבועה של $2\,\text{m/s}^2$.

בפרק זמן זה מהירות התיבה M כפונקציה של הזמן נתונה על ידי:

$$v=v_0+2(t-0.4)=2(t-0.4)$$

באותו פרק זמן, המיקום כפונקציה של הזמן נתון על ידי:

$$x=x_0+v_0(t-0.4)+\tfrac{1}{2}a(t-0.4)^2$$

$$x=(t-0.4)^2$$

לפי המשוואות הנ"ל נקבל:

$$v(1.2)=2(0.8)=1.6\,\text{m/s}$$

$$x(1.2)=(0.8)^2=0.64\,\text{m}$$

ה. נחשב את תאוצת המערכת כולל הסימן (יש לזכור שהכיוון החיובי נקבע להיות שמאלה).

לאחר הפסקת הכוח F מתקיים:

$$a=\frac{-mg}{M+m}=\frac{-10}{3+1}=-2.5\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את הזמן הדרוש לתיבה לחזור ל- $x=0$ נשתמש בקשר:

$$x=x_0+v_0t+\tfrac{1}{2}at^2$$

כאשר: $x_0=0.64\,\text{m}$, $v_0=1.6\,\text{m/s}$ ו- $a=-2.5\,\text{m/s}^2$. נציב ונקבל:

$$0=0.64+1.6(t-1.2)-1.25(t-1.2)^2$$

$$\Rightarrow 1.25(t-1.2)^2-1.6(t-1.2)-0.64=0$$

$$\Rightarrow (t_1-1.2)=1.6\,\text{s}, \quad (t_2-1.2)=-0.32\,\text{s}$$

מהפתרון הראשון נקבל:

$$(t_1-1.2)=1.6\,\text{s} \quad \Rightarrow t_1=2.8\,\text{s}$$

מהפתרון השני נקבל:

$$(t_2-1.2)=-0.32\,\text{s} \quad \Rightarrow t_2=0.88\,\text{s}$$

מכיוון שהזמן צריך להיות גדול מ- $1.2\,\text{s}$ נבחר ב- t_1.

פתרון שאלה 23\פרק 2

א. אורך הקטע AB שווה להעתק הגוף בפרק הזמן מ- $t=0$ עד $t=0.6\,\text{s}$:

$$AB=\Delta x=\frac{3\times 0.6}{2}=0.9\,\text{m}$$

ב. תאוצת הגוף על המישור המשופע נתונה על ידי:

$$a=\frac{mg\sin\alpha-f_k}{m}=\frac{mg\sin\alpha-\mu_k mg\cos\alpha}{m}$$
$$=g\left(\sin\alpha-\mu_k\cos\alpha\right)$$

מצד שני, על פי תרשים ב' שבשאלה, $a=5\,\text{m/s}^2$. לכן נקבל:

$$g\left(\sin 60-\mu_k\cos 60\right)=5 \quad \Rightarrow \mu_k=0.73$$

ג. נחשב קודם את תאוצת התיבה על המישור האופקי:

$$a=\frac{-f_k}{m}=\frac{-\mu_k mg}{m}=-\mu_k g=-7.3\,\text{m/s}^2$$

$$\Rightarrow BC=\frac{v^2-v_0^2}{2(a)}=\frac{0-3^2}{2(-7.3)}=0.62\,\text{m}$$

ד. נשתמש בקשר $v=v_0+a(t-0.6)$ עבור המהירות בחלק השני של התנועה, כאשר: $v_0=3\,\text{m/s}$, $a=-7.3\,\text{m/s}^2$ ו- $v=0$. נציב ונקבל:

$$0=3+(-7.3)(t'-0.6) \quad \Rightarrow t'=1.01\,\text{s}$$

פתרון שאלה 24\פרק 2

א. נבטא קודם את תאוצת הרכבת באמצעות התארכות הקפיץ.

כאשר הרכבת נעה בתאוצה a, הקפיץ נמתח בשיעור $\Delta\ell$ כך שמתקיים עבור הגוף:

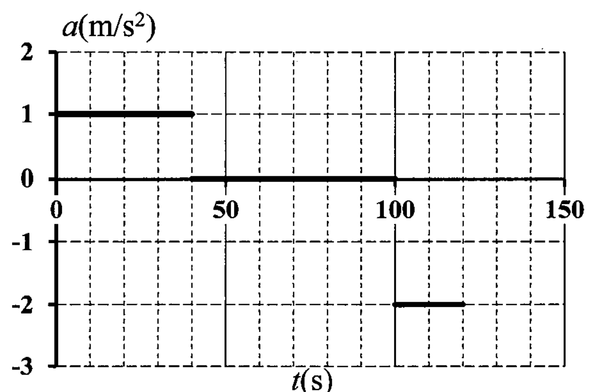
$$k\Delta\ell=ma$$

$$\Rightarrow a=\frac{k\Delta\ell}{m}=\frac{4\Delta\ell}{0.1}=40\Delta\ell$$

מכאן נקבל שתאוצת הרכבת בפרקי הזמן השונים היא:

$$a=\begin{cases}1 & 0\le t<40\,\text{s}\\ 0 & 40\le t<100\,\text{s}\\ -2 & 100\le t\le 120\,\text{s}\end{cases}$$

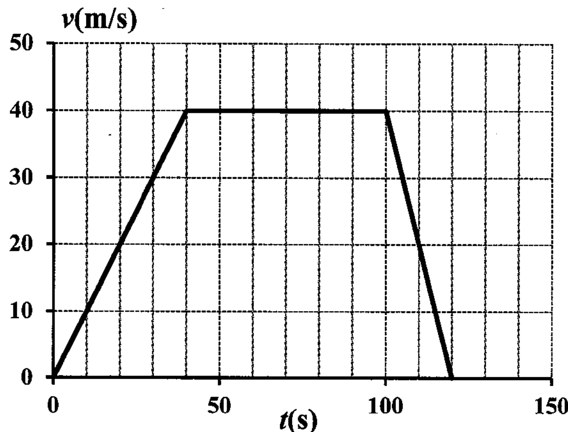
הגרף הבא מציג את התאוצה כפונקציה של הזמן:



ב. מהירות הרכבת כפונקציה של הזמן נתונה על ידי הביטוי הבא:

$$v=\begin{cases}t & 0\le t<40\,\text{s}\\ 40 & 40\le t<100\,\text{s}\\ 40-2(t-100) & 100\le t\le 120\,\text{s}\end{cases}$$

על פי ביטוי זה נצייר את הגרף הבא, המתאר את מהירות הרכבת כפונקציה של הזמן:



ג. הרכבת מתחילה לנוע ממנוחה בתאוצה קבועה עד $t=40\,\text{s}$, לאחר מכן היא ממשיכה במהירות קבועה עד $t=100\,\text{s}$, ולאחר מכן היא מתחילה להאט עד עצירתה ב- $t=120\,\text{s}$.

ד. העתק הרכבת הוא השטח הכלוא בין גרף המהירות וציר הזמן עד $t=120\,\text{s}$:

$$\Delta t=\frac{120+60}{2}(40)=3600\,\text{m}$$

ה. מקום הרכבת כפונקציה של הזמן נתון על ידי הביטוי הבא:

עבור $0\le t<40\,\text{s}$: $x=0.5t^2$.

עבור $40\le t<100\,\text{s}$:

$$x=x_{02}+v\left(t-40\right)=800+40\left(t-40\right)$$

עבור $100\le t\le 120\,\text{s}$:

$$x=x_{03}+v_{03}\left(t-100\right)+\tfrac{1}{2}a_3\left(t-100\right)^2=$$
$$=3200+40\left(t-100\right)-\left(t-100\right)^2$$

הגרף המתאים עבור המיקום של הרכבת הוא גרף III, כאשר:

$$x_1=x(40)=0.5(40)^2=800\,\text{m}$$

$x_2 = x(100) = 800 + 40(100-40) = 3200\,\text{m}$

$x_3 = x(120) =$

$= 3200 + 40(120-100) - (120-100)^2 =$

$= 3600\,\text{m}$

פתרון שאלה 25\פרק 2

א. מתקיים:

$$F_{max} = f_{s\,max1} + f_{s\,max2} =$$
$$= 0.6(10) + 0.6(20) = 18\,\text{N}$$

ב. מהחוק השני של ניוטון, מתקבל:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{F - f_{k1} - f_{k2}}{m_1 + m_2}$$

כאשר:

$F = 36\,\text{N}$

$f_{k1} = 0.4(10) = 4\,\text{N}$

$f_{k2} = 0.4(20) = 8\,\text{N}$

נציב את הערכים בביטוי עבור התאוצה ונקבל:

$$a = \frac{36-4-8}{1+2} = 8\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את המתיחות בחוט, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור התיבה 2 ונקבל:

$$T - f_{2k} = m_2 a$$
$$\Rightarrow T - 8 = 2(8) \quad \Rightarrow T = 24\,\text{N}$$

ג. מכיוון ש- $\Sigma F = ma$, ומכיוון ולשתי התיבות יש תאוצה זהה, שקול הכוחות ΣF הפועל על התיבה היותר "מאסיבית" (זו שיש לה מסה גדולה יותר, כלומר תיבה 2) יהיה יותר גדול.

ד.

(1) נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור כל אחת משתי התיבות.

עבור m_1 מתקיים:

$$-T - f_{k1} = m_1 a$$

ועבור m_2 מתקיים:

$$T - f_{k2} = m_2 a$$

נחבר את שתי המשוואות ונקבל:

$$-f_{k2} - f_{k1} = (m_1 + m_2)a$$
$$\Rightarrow -\mu_k(m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2)a$$
$$\Rightarrow a = -\mu_k g = -4\,\text{m/s}^2$$

(2) נציב a באחת המשוואות למעלה, הראשונה למשל, ונקבל:

$$-T - f_{k1} = m_1 a$$
$$\Rightarrow -T - \mu_k m_1 g = m_1(\mu_k g)$$
$$\Rightarrow T = 0$$

ה.

(1) על מנת שהחוט יהיה מתוח, יש להניח מאחורה את התיבה שהתאוטה שלה גדולה יותר כשהיא נעה לבד על המשטח.

תאוצת התיבה כשהיא נעה בהשפעת כוח החיכוך נתונה על ידי:

$$a = \frac{-f_k}{m} = \frac{-\mu_k mg}{m} = -\mu_k g$$

בהתאם לביטוי זה, התיבה שה- μ_k שלה גדול יותר, נעה בתאוטה גדולה יותר כשהיא נעה לבד על המשטח, ולכן אותה יש להניח מאחור.

מכיוון ש- μ_k של התיבה b הוא הגדול יותר, יש אפוא להניח תיבה זו מאחור על מנת שהחוט יהיה מתוח.

(2) עבור תיבה b מתקיים:

$$T - f_{kb} = m_b a$$

ועבור תיבה a מתקיים:

$$-T - f_{ka} = m_a a$$

נחבר את שתי המשוואות ונקבל:

$$(m_a + m_b)a = -f_{kb} - f_{ka}$$
$$\Rightarrow (m_a + m_b)a = -\mu_{kb} m_b g - \mu_{ka} m_a g$$
$$\Rightarrow a = -\frac{\mu_{kb} m_b g + \mu_{ka} m_a g}{m_a + m_b} =$$
$$\Rightarrow a = \frac{0.5(30) + 0.25(20)}{2+3} = 4\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את המתיחות בחוט, נציב באחת המשוואות הנ"ל ונקבל:

$$T - f_{kb} = m_b a$$
$$\Rightarrow T - (0.5)(30) = 3(4) \quad \Rightarrow T = 27\,\text{N}$$

פתרון שאלה 26\פרק 2

א. מכיוון שאנחנו למדים מהגרף כי מהירות הגוף חיובית, נקבל שהכיוון החיובי הוא כלפי מעלה.

ב. אם כוח החיכוך זניח, תאוצת הגוף צריכה להיות תאוצת הנפילה החופשית, $-10\,\text{m/s}^2$.
מתוך הגרף תאוצת הגוף היא $-12\,\text{m/s}^2$.
מכאן שהחיכוך עם האוויר אינו זניח.

ג. תאוצת הגוף בעלייה נתונה על ידי הביטוי:

$$a = \frac{-mg - f}{m}$$

כאשר: $m = 0.2\,\text{kg}$ ו- $a = -12\,\text{m/s}^2$. נציב ונקבל:

$$-12 = -10 - \frac{f}{0.2} \quad \Rightarrow f = 0.4\,\text{N}$$

ד. הגובה המקסימלי שווה להעתק הגוף, שהוא השטח הכלוא בין עקומת המהירות וציר הזמן עד $t = 1\text{s}$:

$$h_{\max} = \frac{12 \times 1}{2} = 6\,\text{m}$$

ה. נחשב קודם את תאוצת הגוף בתנועתו בחזרה לקרקע, כשהכיוון החיובי כלפי מעלה. כעת:

$$a = \frac{-mg + f}{m} = \frac{-2 + 0.4}{0.2}$$
$$\Rightarrow a = -10 + \frac{0.4}{0.2} = -8\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את זמן החזרה, נשתמש בקשר:

$$y = y_0 + v_0(t-1) + \tfrac{1}{2}a(t-1)^2$$

כאשר: $y_0 = 6\,\text{m}$, $v_0 = 0$, $a = -8\,\text{m/s}^2$ ו- $y = 0$. נציב ונקבל:

$$0 = 6 + 0 + \tfrac{1}{2}(-8)(t-1)^2$$
$$\Rightarrow t = 2.22\,\text{s}$$

ו.

$$v = v_0 + a(t-1) =$$
$$= 0 + (-8)(2.22 - 1) = -9.76\,\text{m/s}$$

פתרון שאלה 27\פרק 2

א. נחשב קודם את תאוצת המערכת בשני שלבי התנועה.

בקטע מ- A ל- B מתקיים:

$$a_1 = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} = \frac{5}{2 + 0.5} = 2\,\text{m/s}^2$$

התיבה עוברת את המרחק מ- A ל- B בזמן המתקבל מהחישוב הבא:

$$0.64 = \tfrac{1}{2}(2)t^2 \quad \Rightarrow t = 0.8\,\text{s}$$

מהירות התיבה בסוף שלב זה היא:

$$v_B = 2(0.8) = 1.6\,\text{m/s}$$

על מנת לחשב את תאוצת המערכת בקטע מ- B אל C, נשתמש בקשר:

$$a_2 = \frac{v_C^2 - v_B^2}{2\Delta x_{BC}} = \frac{0 - 1.6^2}{2(1.28)} = -1\,\text{m/s}^2$$

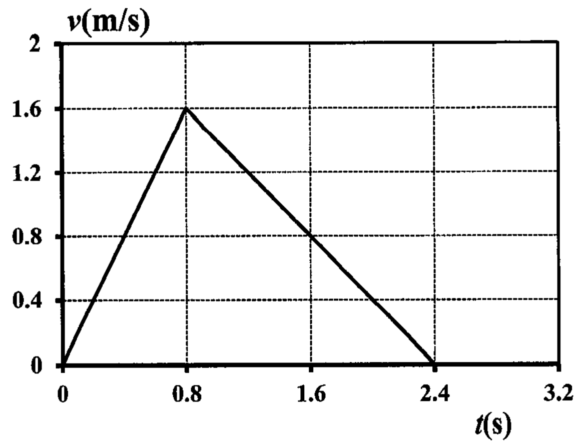
הזמן הדרוש לתיבה עד לעצירה בתנועתה מ- B אל C הוא:

$$v_C = v_B + a_2(t - 0.8)$$
$$\Rightarrow 0 = 1.6 - (t - 0.8) \quad \Rightarrow t = 2.4\,\text{s}$$

מכאן, נקבל שמהירות התיבה m_1 כפונקציה של הזמן (מהירות המערכת), נתונה על ידי הביטוי הבא:

$$v = \begin{cases} 2t & 0 \le t < 0.8\,\text{s} \\ 1.6 - (t - 0.8) & 0.8 \le t \le 2.4\,\text{s} \end{cases}$$

הגרף שלהלן מתאר את מהירות התיבה בתנועתה מ- A עד C:



ב. על פי החוק השני של ניוטון, התאוצה בשלב השני של התנועה נתונה על ידי:

$$a=\frac{m_2g-f_k}{m_1+m_2}$$

נציב את הנתונים ונקבל:

$$-1=\frac{5-f_k}{2+0.5} \quad \Rightarrow f_k=7.5\,\text{N}$$

מכיוון שמתקיים: $f_k=\mu_k N=\mu_k m_1 g$. נקבל:

$$\mu_k m_1 g=7.5 \quad \Rightarrow \mu_k=0.375$$

ג.

(1) בתנועה מ- A ל- B מתקיים:

$$T_1=m_1a_1=2(2)=4\,\text{N}$$

(2) בתנועה מ- B ל- C מתקיים:

$$T_2-f_k=m_1a_2$$
$$\Rightarrow T_2=f_k+m_1a_2=7.5+2(-1)=5.5\,\text{N}$$

(3) לאחר העצירה בנקודה C קיים מצב שווי משקל, ולכן נקבל:

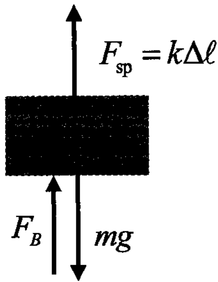
$$T_3=m_2g=5\,\text{N}$$

פתרון שאלה 28\פרק 2

א. מאחר והמשקולת התלויה על הקפיץ שרויה במצב שווי משקל, מתקיים:

$$F_{sp}=mg$$
$$\Rightarrow k=\frac{mg}{\Delta\ell}=\frac{12\,\text{N}}{0.12\,\text{m}}=100\,\text{N/m}$$

ב. במצב החדש פועלים על המשקולת הכוחות הבאים:



בשל מצב שווי המשקל נקבל:

$$F_B+k\Delta\ell=mg$$
$$\Rightarrow F_B=mg-k\Delta\ell=12-100(0.1)=2\,\text{N}$$

ג. לפני הכנסת המשקולת לנוזל, קריאת המאזניים היא: $W_1=Mg=14\,\text{N}$

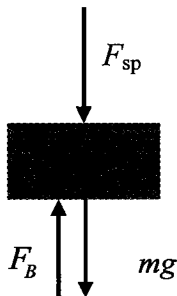
לאחר הכנסת המשקולת לנוזל, ובגלל שהנוזל מפעיל על המשקולת כוח עילוי שכיוונו כלפי מעלה שגודלו $F_B=2\,\text{N}$, כתגובה, המשקולת מפעילה על הנוזל (ובכך גם על המיכל) כוח שגודלו $F_B'=2\,\text{N}$ כלפי מטה. לכן קריאת המאזניים תהיה:

$$W'=Mg+F_B'=14+2=16\,\text{N}$$

ד. במצב זה, הקפיץ מפעיל על המשקולת כוח אלסטי כלפי מטה שגודלו:

$$F_{sp}=k\Delta\ell=100(0.04)=4\,\text{N}$$

לכן, במצב זה יפעלו הכוחות המתוארים בתרשים הבא:



במצב שווי משקל, נקבל:

$$F_B=mg+F_{sp}=1+4=5\,\text{N}$$

ה. קריאת המאזניים כעת היא:

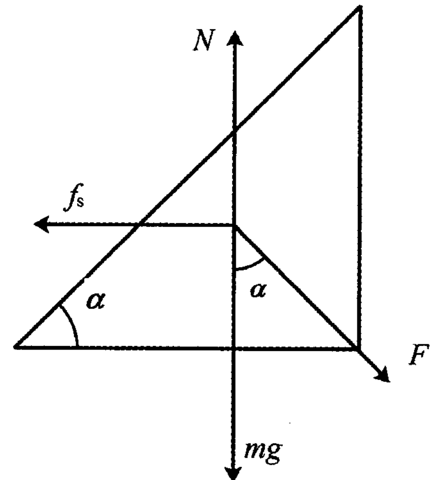
$$W=Mg+F_B'=14+5=19\,\text{N}$$

פתרון שאלה 29\פרק 2

א. בתרשים הבא מוצגים הכוחות הפועלים על המנסרה.

שימוש בחוק הראשון של ניוטון בכיוון האנכי נותן:

$N = mg + F\cos\alpha$



ב. שימוש בחוק הראשון של ניוטון בכיוון האופקי נותן:

$f_s = F\sin\alpha$

ג. על מנת שהמנסרה תישאר במנוחה, צריך להתקיים התנאי: $f_s \le f_{s\max}$

כאשר:

$f_s = F\sin\alpha$

$f_{s\max} = \mu_s N = \mu_s\left(mg + F\cos\alpha\right)$

נציב f_s ו- $f_{s\max}$ בתנאי הנ"ל ונקבל שהתנאי על מנת שהמנסרה לא תחליק הוא:

$F\sin\alpha \le \mu_s\left(mg + F\cos\alpha\right)$

הערך המרבי של הכוח F על מנת שהמנסרה לא תחליק הוא זה המקיים שוויון בקשר האחרון:

$F_{\max}\sin\alpha = \mu_s\left(mg + F_{\max}\cos\alpha\right)$

$\Rightarrow F_{\max} = \dfrac{\mu_s mg}{\sin\alpha - \mu_s\cos\alpha}$

ד. אם המכנה בביטוי האחרון שלילי, נקבל ערך שלילי של $F_{\max}$, כלומר לא ניתן למצוא כוח מקסימלי שמעבר לו המנסרה תנוע.

לכן אם מתקיים:

$\sin\alpha - \mu_s\cos\alpha \le 0$

המנסרה תישאר במנוחה ולא משנה עד כמה הכוח F גדול.

מהתנאי האחרון מתקבל גם התנאי:

$\tan\alpha \le \mu_s$

ד. המבנה הנ"ל (המנסרה) משמש בדרך כלל לתמיכת גופים (למשל גלגלי מכוניות) כי:

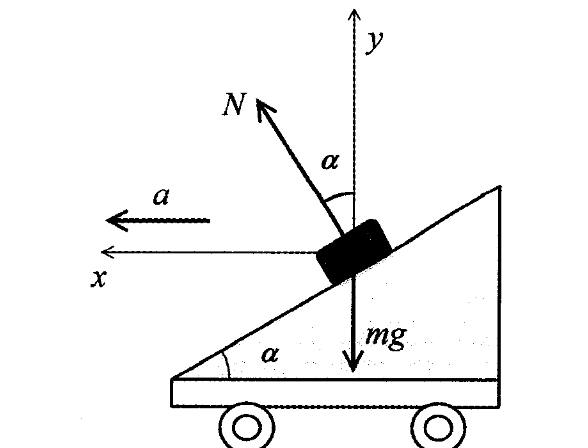
1) הוא גורם להגדלת הכוח הנורמלי N (ראה סעיף א'), ובכך הוא מגדיל את ערך החיכוך הסטטי המקסימלי, דבר שמחזק את האחיזה בקרקע.

2) על פי התוצאה מהסעיף הקודם, אם מתקיים התנאי $\tan\alpha \le \mu_s$, לא ניתן להזיז את המנסרה לא משנה כמה כוח הגוף הנתמך מפעיל על המנסרה.

פתרון שאלה 30\פרק 2

א. התיבה תחליק במורד המישור המשופע בתאוצה הניתנת לחישוב מהחוק השני של ניוטון: $a = \dfrac{mg\sin\alpha}{m} = g\sin\alpha$.

ב. נשרטט קודם את הכוחות הפועלים על התיבה והם המתוארים בתרשים הבא:



נבחר את ציר x בכיוון התאוצה, ואת ציר y בניצב לרצפה.

על מנת שהתיבה לא תחליק על המישור המשופע (כלומר תישאר באותו גובה מעל הקרקע), צריך להתקיים:

$$N\cos\alpha = mg \qquad (1)$$

בכיוון ציר x מתקיים החוק השני של ניוטון:

$$N\sin\alpha = ma \qquad (2)$$

משתי המשוואות (1) ו-(2), נקבל שהתנאי שהתיבה לא תחליק הוא:

$$\tan\alpha = \frac{a}{g}$$

מתנאי זה נקבל שהתאוצה הדרושה עבור העגלה על מנת שהתיבה לא תחליק היא:

$$a = g\tan\alpha$$

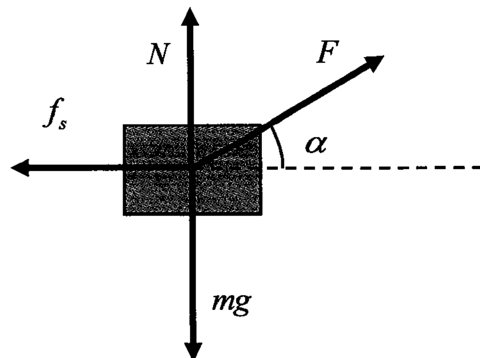
ג.

(1) כאשר התאוצה תקטן, לפי המשוואה (2) לעיל, גם הכוח הנורמלי יקטן, ובמקרה זה נקבל ש- $N\cos\alpha < mg$, ולכן התיבה תחליק כלפי מטה על המישור המשופע.

(2) כאשר התאוצה תגדל, לפי המשוואה (2), גם הכוח הנורמלי יגדל, ובמקרה זה נקבל ש- $N\cos\alpha > mg$, ולכן התיבה תנוע על המישור המשופע כלפי מעלה.

פתרון שאלה 31\פרק 2

א.



ב. נבחר את ציר x בכיוון האופקי, וכיוונו החיובי ימינה, ואת ציר y ניצב לו, כשכיוונו החיובי כלפי מעלה.

מהחוק הראשון של ניוטון נקבל:

$$\Sigma F_y = 0 \quad \Rightarrow N = mg - F\sin\alpha$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad \Rightarrow f_s = F\cos\alpha$$

ג. כל עוד מתקיים: $f_s \le f_{s\max} = \mu_s N$, הגוף יישאר במנוחה.

נציב N ו-f_s מסעיף ב' בקשר האחרון, ונקבל שהתנאי שהגוף יישאר במנוחה הוא:

$$F\cos\alpha \le \mu_s\left(mg - F\sin\alpha\right)$$

הערך הגדול ביותר של הכוח F שעבורו הגוף יישאר במנוחה הוא זה המקיים שיוויון בקשר האחרון:

$$F_{\max}\cos\alpha = \mu_s\left(mg - F_{\max}\sin\alpha\right)$$

$$\Rightarrow F_{\max} = \frac{\mu_s}{\cos\alpha + \mu_s\sin\alpha}mg$$

ד. כעת מתקיים:

$$F\cos\alpha = f_k = \mu_k N$$

נציב את N מסעיף א ונקבל:

$$F\cos\alpha = \mu_k\left(mg - F\sin\alpha\right)$$

$$\Rightarrow F = \frac{\mu_k}{\cos\alpha + \mu_k\sin\alpha}mg$$

פתרון שאלה 32\פרק 2

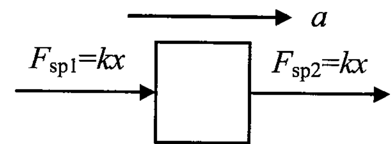
א. על פי החוק השני של ניוטון, כיוון התאוצה הוא בכיוון הכוח השקול הפועל על המשקולת. מכיוון שבמצב המתואר בתרשים שבשאלה כיוון הכוח השקול הפועל על המשקולת הוא ימינה, ניתן להסיק מכך שכיוון התאוצה אף הוא ימינה.

ב. במצב המתואר בתרשים לא ניתן לקבוע את כיוון תנועת המכונית. יכולים להתקיים אחד

משני המצבים הבאים:

- המכונות נעה ימינה בתאוצה.
- המכונית נעה שמאלה בתאוטה.

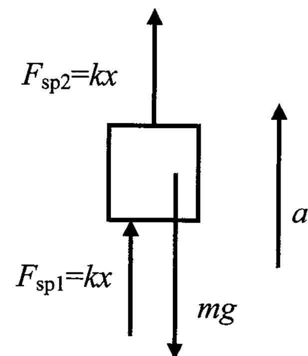
ג.בתרשים מתוארים הכוחות הפועלים על המשקולת, ומצויין בו גם כיוון התאוצה:



לפי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$2kx = ma \quad \Rightarrow a = \frac{2k}{m}x$$

ד. הכוחות הפועלים כעת על המשקולת הם הכוחות המתוארים בתרשים:



מהחוק השני של ניוטון נקבל:

$$2kx - mg = ma \quad \Rightarrow x = \frac{m(g+a)}{2k}$$

פתרון שאלה 33\פרק 2

א.

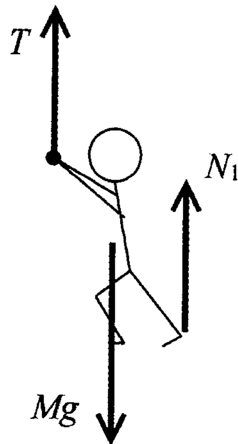
(1) הכוח שהתלמיד מפעיל על החבל שווה לכוח האלסטי של הקפיץ:

$$F = k\Delta\ell = (400)(0.1) = 40\,\text{N}$$

(2) הכוח שהתלמיד מפעיל על הקרקע שווה בגודלו לכוח הנורמלי, N_1, שהקרקע מפעילה על התלמיד אבל מנוגד בכיוון.

על מנת לחשב כוח זה מספיק לחשב את הכוח N_1. לשם כך נרשום את הכוחות הפועלים על התלמיד ונשתמש בחוק הראשון של ניוטון.

על התלמיד פועלים הכוחות המתוארים בתרשים הבא:



מהחוק הראשון של ניוטון נקבל:

$$N_1 = Mg - T = 450 - 40 = 410\,\text{N}$$

לכן התלמיד מפעיל על הקרקע כוח שגודלו $410\,\text{N}$ כלפי מטה.

(3) קריאת המאזניים שווה לכוח שהגוף מפעיל על המאזניים, ולפי החוק השלישי של ניוטון, כוח זה שווה לכוח הנורמלי N_2 שהמאזניים מפעילים על הגוף.

החוק הראשון של ניוטון קובע כי:

$$N_2 = mg - F = 200 - 40 = 160\,\text{N}$$

לכן הגוף מפעיל על המאזניים כוח שגודלו $160\,\text{N}$ כלפי מטה וכך גם קריאת המאזניים - $160\,\text{N}$.

ב.

(1) כעת הכוח שהתלמיד מפעיל על החבל שווה לכוח הכובד הפועל על הגוף:

$$F = mg = 200\,\text{N}$$

(2) נחשב קודם את הכוח הנורמלי N_1 שהקרקע מפעילה על התלמיד במצב זה:

$$N_1 = Mg - F = 450 - 200 = 250\,\text{N}$$

על פי החוק השלישי של ניוטון, התלמיד מפעיל על הקרקע כוח שגודלו $250\,\text{N}$ כלפי מטה.

ג.

(1) הכוחות הפועלים על הגוף במצב זה הם: כוח הקפיץ $F_{sp}=k\Delta\ell$ כלפי מעלה, וכוח הכובד, mg, כלפי מטה.

מהחוק השני של ניוטון נקבל כי:

$$F-mg=ma$$
$$\Rightarrow k\Delta\ell=m(g+a)$$
$$\Rightarrow \Delta\ell=\frac{m(g+a)}{k}=\frac{20(10+2)}{400}=0.6\,\text{m}$$

(2) התלמיד מפעיל על הקרקע כוח שגודלו:

$$N_1=Mg-F=450-k\Delta\ell=$$
$$=450-400(0.6)=210\,\text{N}$$

ד. על מנת שהכוח שהתלמיד מפעיל על הקרקע יתאפס, התלמיד צריך למשוך את החבל בכוח השווה למשקלו, כלומר:

$F=Mg=450\,\text{N}$.

מכאן שתאוצת הגוף תהיה:

$$a=\frac{F-mg}{m}=\frac{450-200}{20}=12.5\,\text{m/s}^2$$

ה. $\Delta\ell=\frac{F}{k}=\frac{450}{400}=1.125\,\text{m}$.

פתרון שאלה 34\פרק 2

א. מכיוון שהכוח היחיד שיכול להשפיע על העגלה בכיוון אופקי הוא הכוח המופעל על ידי הקפיץ, ומכיוון שהעגלה נמצאת במצב שווי משקל, כוח זה חייב להתאפס. לכן התארכות הקפיץ במצב זה היא אפס.

ב. על סמך החוק השני של ניוטון נקבל עבור הגוף:

$$k\Delta\ell=ma\ \Rightarrow \Delta\ell=\frac{ma}{k}=\frac{0.5\times 2}{40}=0.025\,\text{m}$$

ג.

(1) נבחר את הכיוון החיובי של ציר x ימינה.

במצב המתואר בשאלה מתקיים כעת ש-F_{sp} מכוון בכיוון השלילי (שמאלה). לכן נקבל:

$$a=\frac{-k\Delta\ell}{m}=-\frac{40\times(0.1)}{0.5}=-8\,\text{m/s}^2$$

(2) לא ניתן לקבוע את כיוון תנועת העגלה. היא יכולה להיות באחד משני מצבים: או בתאוטה בכיוון החיובי של ציר x (כלומר ימינה), או שהיא נעה בתאוצה בכיוון השלילי של ציר x.

ד. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$F=\Sigma ma=(0.5+1.5)(-8)=-16\,\text{N}$$

כוח זה מכוון בכיוון השלילי של ציר x, כלומר שמאלה.

פתרון שאלה 35\פרק 2

א. נניח שבין שני גופים קיימת אינטראקציה שכתוצאה ממנה מופיעים כוחות משיכה, למשל הכוחות $\vec{F}_{12}$ ו-$\vec{F}_{21}$ הפועלים על שני מגנטים ואלה נמשכים זה לזה כפי שמתואר בתרשים:



כל הניסויים מראים שאם נשחרר את שני המגנטים ממנוחה, הם ינועו זה לקראת זה, יצמדו זה לזה ויישארו במנוחה לאחר מכן. תצפית זו מעידה על כך ששני הכוחות $\vec{F}_{12}$ ו-$\vec{F}_{21}$ ביטלו זה את זה. מכאן ניתן להסיק ש-$\vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$.

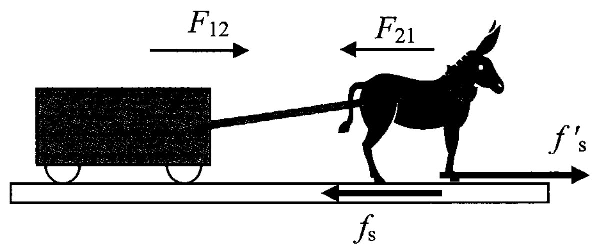
אותו דבר אם קיימת אינטראקציה בין שני גופים הגורמת להופעת כוחות דחייה ביניהם, למשל הכוחות $\vec{F}_{12}$ ו-$\vec{F}_{21}$ הפועלים על שני גופים טעונים במטענים חשמליים זהים כמתואר בתרשים הבא:



כל התצפיות מראות שאם נקשור את שני הגופים בחוט (מבדד), ונשחרר אותם ממנוחה, הם יישארו במנוחה. כלומר הכוחות $\vec{F}_{12}$ ו- $\vec{F}_{21}$ מבטלים זה את זה. שוב, ניתן להסיק גם מתצפית זו ש- $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$.

ב. אם הכוחות היחידים הפועלים במערכת זו הם F_{12} שהחמור מפעיל על העגלה ו- F_{21} שמפעילה העגלה על החמור, החמור לא יצליח להתקדם ולגרור את העגלה.

על מנת שהחמור יצליח לגרור את העגלה, צריך לפעול על החמור כוח נוסף שכיוונו מנוגד לכיוון הכוח F_{21}. כוח זה נוצר מהאנטראקציה בין פרסות החמור והקרקע. החמור מפעיל על הקרקע כוח, f_s, המכוון לאחור, וכתגובה הקרקע מפעילה על החמור כוח (תגובה) f_s' בכיוון התנועה (כוחות אלה הם כוחות חיכוך סטטי).



במצב זה פועלים על החמור הכוחות f_s' בכיוון התנועה והכוח F_{21} המנוגד לכיוון התנועה.

התנאי שהחמור ינוע הוא שיתקיים $f_s' > F_{21}$.

ג. בגלל שהם פועלים על גופים שונים. זוג כוחות השווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם מבטלים זה את זה רק אם הם פועלים על **אותו גוף**.

ד.

(1) כוחות הפעולה והתגובה במערכת זו הם הכוח שמפעיל כדור הארץ על הגוף, F_G, והכוח שהגוף מפעיל על כדור הארץ, F_G'. כוחות אלה הם כוחות משיכה השווים בגודלם ומנוגדים בכיוונים.

(2) השפעת הכוח, שמתבטאת בתאוצה, תלויה בגודל הכוח ובמסת הגוף עליו פועל הכוח.

תאוצת הגוף בהשפעת F_G היא: $a_m = \dfrac{F_G}{m}$

לעומת זה תאוצת כדור הארץ כתוצאה מהכוח שפועל עליה הוא: $a_{M_E} = \dfrac{F_G}{M_E}$

כאשר $M_E = 6\times10^{24}\,\text{kg}$ היא מסת כדור הארץ. מכיוון שמתקיים עבור גופים בסביבת כדור הארץ ש- $M_E \gg m$ נקבל ש- $a_{M_E} \ll a_m$, לכן הגוף הוא שנופל לכדור הארץ ולא שניהם נעים זה לקראת זה.

ה. במקרה המתואר בתרשים ג', הכוחות הפועלים על הגוף הם כוח הכובד $F_G = mg$ שכיוונו כלפי מטה, והכוח הנורמלי N אותו מפעיל המשטח על הגוף כלפי מעלה.

כוח התגובה ל- F_G הוא כוח משיכה הזהה בגודלו ל- F_G ומנוגד בכיוונו שהגוף מפעיל על כדור הארץ.

כוח התגובה לכוח הנורמלי N הוא כוח זהה בגודל (N') שהגוף מפעיל על המשטח כלפי מטה.

במקרה המתואר בתרשים ד', הכוחות הפועלים על הגוף הם כוח הכובד $F_G = mg$ כלפי מטה, והמתיחות בחבל, T, המכוון כלפי מעלה.

כוח התגובה ל- F_G הוא כוח זהה בגודלו ומנוגד בכיוונו שהגוף מפעיל על כדור הארץ.

כוח התגובה למתיחות בחוט הוא כוח הזהה בגודלו ל- T שהגוף מפעיל על קצה החבל כלפי מטה.

ו. במקרה הראשון החבל מפעיל על הקיר כוח $F=200\,\text{N}$ לכיוון ימין, וכתגובה, הקיר מפעיל על החבל כוח $F'=200\,\text{N}$ בכיוון נגדי, כפי שמתואר בתרשים שלהלן:



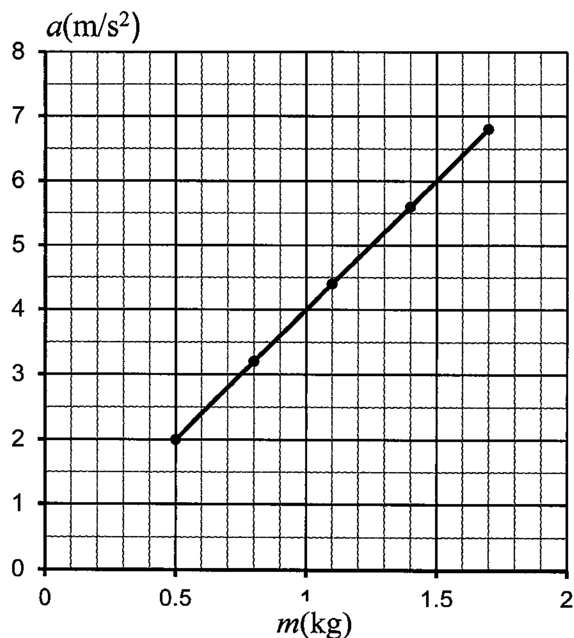
לכן בשני המקרים הכוחות הפועלים על קצוות החבל זהים: $200\,\text{N}$ בכל צד, ולכן הסיכוי שהחבל ייקרע הוא זהה בשני המקרים.

פתרון שאלה 36\פרק 2

א.

$$a=\frac{\Sigma F}{\Sigma m}=\frac{mg}{M+m_0},\quad T=Ma=\frac{mMg}{m_0+M}$$

ב.



ג. על פי הקשר שהתקבל בסעיף א', שיפוע הגרף מייצג את הגודל:

$$\frac{g}{m_0+M}$$

ד. על מנת לחשב את המסה הכוללת של המערכת, יש לחשב קודם את שיפוע הגרף. לשם כך נבחר שתי נקודות על קו המגמה, לדוגמה: $(1,4)$ ו- $(1.5,6)$. שיפוע הגרף הוא:

$$\frac{6-4}{1.5-1}=4$$

נתבסס על הסעיף הקודם ונקבל:

$$\frac{g}{m_0+M}=4\Rightarrow m_0+M=\frac{g}{4}=2.5\text{kg}$$

ה. הערך המקסימלי של התאוצה המתקבלת בניסוי זה הוא כאשר מעבירים את כל המשקולות לסל. במקרה זה מתקבל שמסת הסל כולל המשקולות שווה למסה הכוללת פחות מסת העגלה:

$$m=2.5\,\text{kg}-0.5\,\text{kg}=2\,\text{kg}$$

התאוצה המתקבלת תהיה:

$$a_{\max}=\frac{mg}{\Sigma m}=\frac{20}{2.5}=8\,\text{m/s}^2$$

פתרון שאלה 37\פרק 2

א. מכיוון שתאוצת הגוף בעליה ובירידה זהה $(-1.5\,\text{m/s}^2)$ ניתן להסיק שלא פועל חיכוך בין הגוף והמשטח, אחרת התאוצה בעליה היתה שונה מהתאוצה בירידה.

ב. כאשר בוחרים את הכיוון החיובי של הציר בכיוון מעלה המשטח, תאוצת גוף הנע על המשטח הנטוי החלק נתונה על ידי:

$$a=\frac{-mg\sin\alpha}{m}=-g\sin\alpha$$

נציב את התאוצה שהתקבלה מהגרף ונקבל:

$$-10\sin\alpha=-1.5\quad\Rightarrow\alpha=8.63^\circ$$

ג. התאוצה מיוצגת על ידי שיפוע הגרף. בעליה מתקבל:

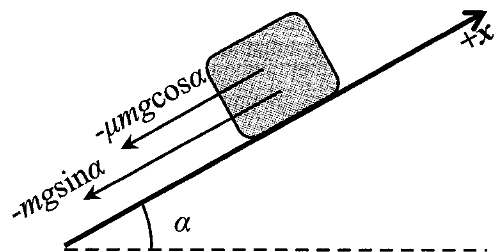
$$a_1=-2\,\text{m/s}^2$$

ובירידה מתקבל:

$a_2 = -1.125\,\text{m/s}^2$

ד. כיוון ציר x החיובי שנבחר בבעיה זו הוא בכיוון מעלה המשטח המשופע.

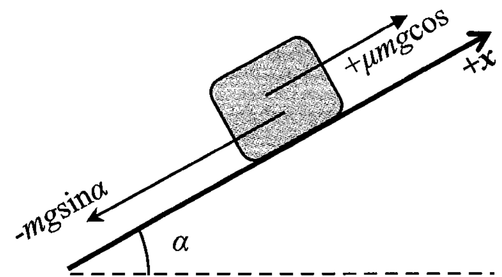
במהלך העליה פועלים על הגוף כוח החיכוך הקינטי, $-\mu_k mg\cos\alpha$ ורכיב כוח הכובד הנתון על ידי הביטוי $-mg\sin\alpha$. שניהם מכוונים לכיוון השלילי של ציר ה-x, כמתואר בתרשים.



לכן התאוצה בעליה נתונה על ידי:

$$a_1 = \frac{-mg\sin\alpha - \mu_k mg\cos\alpha}{m} = $$
$$= -g(\sin\alpha + \mu_k\cos\alpha)$$

בירידה כיוון החיכוך הקינטי הוא לכיוון מעלה המישור המשופע כמתואר בתרשים:



במקרה זה התאוצה נתונה על ידי:

$$a_2 = \frac{-mg\sin\alpha + \mu_k mg\cos\alpha}{m} = $$
$$= -g(\sin\alpha - \mu_k\cos\alpha)$$

ה. נציב בביטויים שהתקבלו בסעיף הקודם $a_1 = -2\,\text{m/s}^2$ ו- $a_2 = -1.125\,\text{m/s}^2$ ונקבל:

$$\begin{cases} -g\sin\alpha - \mu_k g\cos\alpha = -2 \\ -g\sin\alpha + \mu_k g\cos\alpha = -1.125 \end{cases}$$

נחבר את שתי המשוואות האחרונות ונקבל:

$$-2g\sin\alpha = -3.125 \quad \Rightarrow \alpha = 8.99^\circ$$

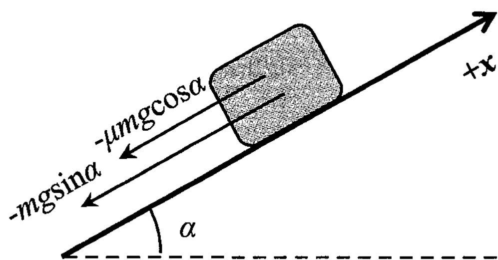
נציב זווית זו באחת המשוואות הנ"ל ונקבל:

$$\mu_k = 0.044$$

פתרון שאלה 38\פרק 2

א. התאוצה מיוצגת על ידי שיפוע הגרף: $a = -4\,\text{m/s}^2$.

ב. בתרשים מתוארים הכוחות הפועלים על הגוף בכיוון המקביל למישור המשופע, כשהכיוון החיובי נבחר בכיוון מעלה המישור המשופע:



מהחוק השני של ניוטון מתקבל:

$$a_1 = \frac{-mg\sin\alpha - \mu_k mg\cos\alpha}{m} = $$
$$= -g(\sin\alpha + \mu_k\cos\alpha)$$

נציב התאוצה והזווית ונקבל:

$$-g\left(\sin 20 + \mu_k\cos 20\right) = -4$$
$$\Rightarrow \mu_k = 0.0617$$

ג. העתק הגוף בין A ו- B שווה לשטח הכלוא בין גרף המהירות ובין ציר הזמן מ- $t=0$ עד $t = 4\,\text{s}$:

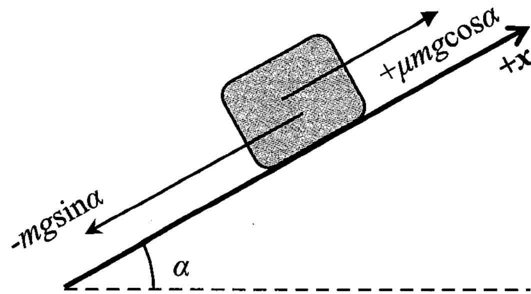
$$\Delta x = \frac{16\times 4}{2} = 32\,\text{m}$$

ד. כאשר הגוף נעצר בנקודה B פועל עליו כוח חיכוך סטטי f_s המקיים: $f_s = mg\sin\alpha$.

על מנת שהגוף לא יחליק צריך להתקיים:

$$f_s \le f_{s\max}$$
$$\Rightarrow mg\sin\theta \le \mu_s mg\cos\theta$$
$$\Rightarrow \mu_{s\min} = \tan 20 = 0.36$$

ה. כעת פועלים על הגוף הכוחות המתוארים בתרשים שלהלן:



מהחוק השני של ניוטון מתקבל:

$$a_2 = \frac{-mg\sin\alpha + \mu_k mg\cos\alpha}{m} =$$
$$= -g(\sin\alpha - \mu_k\cos\alpha) =$$
$$= -10(\sin 20 - 0.0617\cos 20) = -2.84\,\text{m/s}^2$$

ו. על מנת לחשב את זמן החזרה לנקודה A נשתמש בקשר:

$$y = y_0 + v_0(t-4) + \tfrac{1}{2}at^2$$

כאשר: $y=0$, $y_0=+32\,\text{m}$, $v_0=0$ ו- $a=-2.84\,\text{m/s}^2$. נציב ונקבל:

$$0 = 32 + 0 + \tfrac{1}{2}(-2.84)(t-4)^2$$
$$\Rightarrow t = 8.75\,\text{s}$$

ז.

$$v = v_0 + a(t-4) =$$
$$= 0 - 2.84\times 4.75 = -13.49\,\text{m/s}$$

פתרון שאלה 39\פרק 2

א. מכיוון שהמסה m_2 נמצאת במצב שווי משקל מתקיים:

$$k\Delta\ell = m_2 g$$
$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{m_2 g}{k} = \frac{5}{20} = 0.25\,\text{m}$$

ב. התלמיד מפעיל על המסה m_1 כוח F כלפי מטה המקיים:

$$F + m_1 g = T \;\Rightarrow F + 3 = 5$$
$$\Rightarrow F = 2\,\text{N}$$

ג. במצב שיווי משקל מתקיים $k\Delta\ell = m_2 g$.

לאחר שהתלמיד משחרר את המערכת התארכות הקפיץ חייבת לקטון, וזאת על פי החוק השני של ניוטון, מאחר ומתקיים $m_2 g > k\Delta\ell$

ד. נחשב קודם את תאוצת המערכת:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{m_2 g - m_1 g}{m_1 + m_2} = \frac{5-3}{0.8} = 2.5\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את התארכות הקפיץ, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור אחת המסות, m_2 למשל, ונקבל:

$$m_2 g - k\Delta\ell = m_2 a$$
$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{m_2(g-a)}{k} = \frac{0.5(10-2.5)}{20} = \frac{3}{16}\,\text{m}$$

פתרון שאלה 40\פרק 2

א. הקפיץ מפעיל על שני הכדורים כוח זהה שגודלו $F_{sp} = k\Delta\ell$, כאשר $\Delta\ell$ הוא גודל התארכות הקפיץ.

ב. גודל תאוצת כדור 1 הוא: $a_1 = \frac{F_{sp}}{m_1}$.

גודל תאוצת כדור 2 הוא: $a_1 = \frac{F_{sp}}{m_2}$.

מכיוון ש- $m_1 = 2m_2$ נקבל ש- $a_1 = \frac{1}{2}a_2$. לכן המשפט אינו נכון.

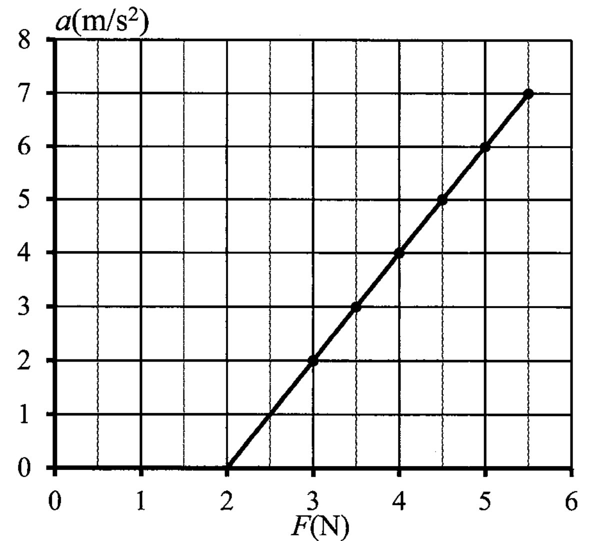
ג. על פי הסעיף הקודם מתקיים ש- $a_2 = 2a_1$. לכן בכל רגע התנועה, מהירות הכדור 2 גדולה פי 2 ממהירות הכדור 1 $(v_2 = 2v_1)$. המשפט נכון.

ד. מכיוון שבכל רגע נתון מתקיים ש- $v_2 = 2v_1$ (ראה סעיף ג'), הכדור 2 עובר מרחק כפול מהמרחק שעובר אותו הכדור 1. לכן משפט זה נכון.

פתרון שאלה 41\פרק 2

א. במהלך הניסוי משנים את הכוח F ומודדים את התאוצה המתקבלת, לכן התאוצה היא המשתנה התלוי.

ב.



ג. נקודה זו מייצגת את הכוח F שעבורו התאוצה מתאפסת, כלומר המערכת נמצאת במצב שווי משקל. במצב זה מתקיים: $F = m_B g$.

ד. על סמך סעיף ג' מתקבל:

$$m_B g = 2 \;\Rightarrow m_B = 0.2\,\text{kg}$$

ה. על סמך החוק השני של ניוטון מתקבל עבור מערכת שני הגופים:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{F - m_B g}{m_A + m_B}$$

$$\Rightarrow a = \frac{1}{m_A + m_B} F - \frac{m_B g}{m_A + m_B}$$

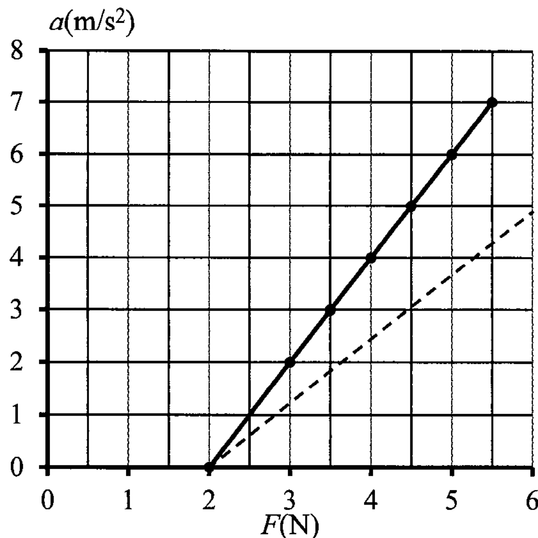
ו. על פי הקשר שהתקבל בסעיף הקודם נקבל ששיפוע הגרף מייצג את הגודל: $\frac{1}{m_A + m_B}$.

מאחר ושיפוע הגרף הוא 2, נקבל:

$$\frac{1}{m_A + m_B} = 2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{m_A + 0.2} = 2 \;\Rightarrow m_A = 0.3\,\text{kg}$$

ז. נקודת חיתוך הגרף עם הציר האופקי $(m_B g)$ לא משתנה, אך שיפוע הגרף קטן. לכן נקבל את הגרף המקווקו המוצג בתרשים שלהלן:



פתרון שאלה 42\פרק 2

א. על פי הגרף שבשאלה, המהירות ההתחלתית חיובית, ומאחר וכיוון מהירות זו הוא שמאלה, ניתן להסיק שכיוון זה הוא הכיוון החיובי.

ב. בתנועה לכיוון שמאל:

$$a_1 = \frac{-mg - \mu_k Mg}{m + M} = \frac{-mg - 5\mu_k}{m + 0.5}$$

בתנועה בחזרה (ימינה):

$$a_2 = \frac{-mg + \mu_k Mg}{m + M} = \frac{-mg + 5\mu_k}{m + 0.5}$$

ג. התאוצה היא שיפוע גרף המהירות לזמן. לכן נקבל:

$$a_1 = -4\,\text{m/s}^2$$

$$a_2 = -3.5\,\text{m/s}^2$$

ד. נציב את התאוצות בביטויים המופיעים בסעיף ב' ונקבל:

$$\begin{cases} -4 = \dfrac{-mg - 5\mu_k}{m + 0.5} \\ -3.5 = \dfrac{-mg + 5\mu_k}{m + 0.5} \end{cases}$$

משתי משוואות אלה נקבל:

$$\begin{cases} -4(m+0.5) = -mg - 5\mu_k \\ -3.5(m+0.5) = -mg + 5\mu_k \end{cases}$$

נחבר את שתי המשוואות האחרונות:

$$-7.5(m+0.5) = -2mg$$

$$-7.5m - 3.75 = -20m \quad \Rightarrow m = 0.3\,\text{kg}$$

נציב כעת $m = 0.3$ באחת המשוואות:

$$-4(0.3+0.5) = -3 - 5\mu_k \Rightarrow \mu_k = 0.04$$

ה. הגודל x_0 שווה לערך המוחלט של ההעתק הכולל של המסה M במהלך תנועתה מ-A ל-B, שהוא השטח הכלוא בין הגרף וציר הזמן מ-$t = 0$ עד $t = 1.1\text{s}$:

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 =$$
$$= \frac{2\times 0.5}{2} + \frac{-2.1\times 0.6}{2} = -0.13\,\text{m}$$
$$\Rightarrow x_0 = |\Delta x| = 0.13\,\text{m}$$

ו. הדרך שעוברת המסה M מ-A עד B שווה לסכום הערכים המוחלטים של ההעתקים החלקיים:

$$s = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| = \frac{2\times 0.5}{2} + \frac{2.1\times 0.6}{2} = 1.13\,\text{m}$$

ז. $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-0.13\,\text{m}}{2.1\,\text{s}} = -0.14\,\text{m/s}$

פתרון שאלה 43\פרק 2

א. על מנת שהמערכת תהיה על סף תנועה בכיוון ימין, צריך לפעול על המסה m_2 חיכוך סטטי מקסימלי בכיוון שמאל, ולכן:

$$m_3 g = m_1 g + \mu_s m_2 g = 30 + 24 = 54\,\text{N}$$
$$\Rightarrow m_3 = 5.4\,\text{kg}$$

ב. על מנת שהמערכת תהיה על סף תנועה בכיוון שמאל, צריך לפעול על המסה m_2 חיכוך סטטי מקסימלי בכיוון ימין, ולכן:

$$m_1 g = m_3 g + \mu_s m_2 g$$
$$30 = 10m_3 + 24 \qquad \Rightarrow m_3 = 0.6\,\text{kg}$$

ג. בסעיף א' מתקיים:

$$\Delta\ell_1 = \frac{m_1 g}{k_1} = \frac{30}{200} = 0.15\,\text{m}$$

$$\Delta\ell_2 = \frac{m_3 g}{k_2} = \frac{54}{250} = 0.216\,\text{m}$$

בסעיף ב' מתקיים:

$$\Delta\ell_1 = \frac{m_1 g}{k_1} = \frac{30}{200} = 0.15\,\text{m}$$

$$\Delta\ell_2 = \frac{m_3 g}{k_2} = \frac{6}{250} = 0.024\,\text{m}$$

ד.

(1)

$$a = \frac{m_3 g - m_1 g - \mu_k m_2 g}{m_1 + m_2 + m_3} =$$
$$= \frac{78 - 30 - 0.4(40)}{3+4+9} = 2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(2) על מנת לחשב את התארכות הקפיץ 1, נרשום את החוק השני של ניוטון עבור המסה m_1 ונקבל:

$$k\Delta\ell_1 - m_1 g = m_1 a$$
$$\Rightarrow \Delta\ell_1 = \frac{m_1(g+a)}{k_1} = \frac{3(10+2)}{200} = 0.18\,\text{m}$$

על מנת לחשב את התארכות הקפיץ 2, נרשום את החוק השני של ניוטון עבור המסה m_3 ונקבל:

$$m_3 g - k_2\Delta\ell_2 = m_3 a$$
$$\Rightarrow \Delta\ell_2 = \frac{m_3(g-a)}{k_2} = \frac{7.8(10-2)}{250} = 0.25\,\text{m}$$

(3) על פי החוק השני של ניוטון: $\Sigma F = ma$. מכיוון שלשלוש המסות יש תאוצה זהה, הכוח השקול הגדול ביותר יפעל על המסה הגדולה ביותר, כלומר על m_3.

פתרון שאלה 44\פרק 2

א. שיפוע הגרף שמייצג את תאוצת התיבה A משתנה כי תאוצת התיבה A משתנה לאחר שהתיבה C נופלת מעליה ב- $t = 0.5\,\text{s}$.

ב. אורך התיבה A שווה להעתק התיבה A עד לרגע שבו התיבה C נפלה מעליה (עד $t = 0.5\,\text{s}$). העתק זה שווה לשטח הכלוא בין גרף המהירות ובין ציר הזמן עד $t = 0.5\,\text{s}$:

$$\ell = \Delta x = \frac{1 \times 0.5}{2} = 0.25\,\text{m}$$

ג. נתייחס לגופים A ו- B כאל גוף אחד. משימוש בחוק השני של ניוטון נקבל:

$$m_B g - f_{k1} = (m_B + m_A)a$$

כש- f_{k1} הוא כוח החיכוך שפעל על התיבה A בשלב הראשון של התנועה. מהגרף מתקבל: $a = 2\,\text{m/s}^2$. נציב את m_A ו- m_B בביטוי האחרון ונקבל:

$$15 - f_{k1} = (2.5) \times 2$$
$$\Rightarrow f_{k1} = 10\,\text{N}$$

ד. בשלב השני מתקיים אותו קשר:

$$m_B g - f_{k1} = (m_B + m_A)a$$

כאשר התאוצה בשלב זה, על פי הגרף, שווה ל- $a = 4\,\text{m/s}^2$. נציב ונקבל:

$$15 - f_{k2} = 2.5 \times 4 \;\Rightarrow f_{k2} = 5\,\text{N}$$

ה. בשלב השני מתקיים: $N = m_A g$. מכאן $f_{k2} = \mu_k m_A g$. מכיוון שלפי הסעיף הקודם $f_{k2} = 5\,\text{N}$, נקבל:

$$\mu_k m_A g = 5$$
$$\Rightarrow \mu_k (10) = 5 \;\Rightarrow \mu_k = 0.5$$

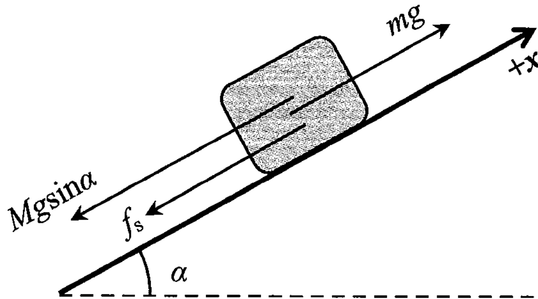
ו. בשלב הראשון מתקיים:

$$f_{k1} = \mu_k (m_A + m_C) g$$
$$\Rightarrow 10 = (0.5)(1 + m_C)(10)$$
$$\Rightarrow m_C = 1\,\text{kg}$$

פתרון שאלה 45\פרק 2

א. אם נחזיק את המערכת במנוחה, יפעלו על המסה M שני הכוחות במקביל למשטח המשופע: $T = mg = 20\,\text{N}$ בכיוון מעלה ו- $Mg\sin 30 = 10\,\text{N}$ בכיוון מורד המישור המשופע. מכיוון שהכוח כלפי מעלה גדול יותר, כאשר נשחרר אותה ממנוחה המסה M תעלה כלפי מעלה על המשטח המשופע.

ב. כאשר המערכת נמצאת במנוחה, פועלים על המסה M הכוחות הבאים:



מתקיים:

$$Mg\sin 30 + f_s = mg$$
$$\Rightarrow f_s = mg - Mg\sin 30$$

על מנת שהמסה M לא תחליק צריך להתקיים התנאי $f_s \le f_{s\max}$, כאשר:

$$f_{s\max} = \mu_s Mg\cos 30$$

נציב f_s ו- $f_{s\max}$ בתנאי $f_s \le f_{s\max}$, ונקבל שהמסה M לא תחליק כאשר:

$$mg - Mg\sin 30 \le \mu_s Mg\cos 30$$
$$\Rightarrow \frac{mg - Mg\sin 30}{Mg\cos 30} \le \mu_s$$

מכאן:

$$\mu_{s\min} = \frac{mg - Mg\sin 30}{Mg\cos 30} = \frac{20 - 10}{20\cos 30} = 0.577$$

ג. המערכת תנוע במעלה המישור המשופע בתאוצה שגודלה:

$$a = \frac{mg - Mg\sin 30 - f_k}{m + M} = \frac{20 - 10 - 2}{4} =$$
$$= 2\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את המתיחות בחוט, נכתוב את חוק השני של ניוטון עבור אחת המסות, למשל עבור המסה m, ונקבל:

$$mg - T = ma$$
$$\Rightarrow T = m(g-a) = 16\,\text{N}$$

ד.

(1) $v_M = v_m = at = 2\times 3 = 6\,\text{m/s}$.

(2) המשקולת m תמשיך בתנועה כלפי מטה בנפילה חופשית. המסה M תמשיך לנוע בתאוטה במעלה המישור המשופע עד לעצירתה.

(3) לאחר שהחוט נקרע, תאוצת המסה M במעלה המישור המשופע תהייה:

$$a = \frac{-(Mg\sin 30 + f_k)}{M} = \frac{-(10+2)}{2} = -6\,\text{m/s}^2$$

מהירות המסה M כפונקציה של הזמן (ביחס ל- $t=0$) נתונה על ידי:

$$v = v_0 + a(t-3) = 6 - 6(t-3)$$

המהירות מתאפסת כאשר:

$$0 = 6 - 6(t-3) \quad \Rightarrow t = 4\,\text{s}$$

מיקום המסה M ברגע העצירה, ביחס לנקודת המוצא הוא:

$$x = \Delta x_1 + \Delta x_2$$

כש- Δx_1 הוא העתק המסה M בשלב התאוצה ו- Δx_2 הוא העתק המסה M בשלב התאוטה. מתקיים:

$$\Delta x_1 = \frac{6^2 - 0}{2(2)} = 9\,\text{m}$$
$$\Delta x_2 = \frac{0^2 - 6^2}{2(-6)} = 3\,\text{m}$$
$$\Rightarrow x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 12\,\text{m}$$

ה. קיימות שתי אפשריות לתנועת המערכת במהירות קבועה. הראשונה, כאשר המערכת נעה במהירות קבועה במעלה המישור המשופע והשנייה כאשר המערכת נעה במהירות קבועה במורד המישור המשופע.

במקרה הראשון כיוון החיכוך הקיניטי יהיה בכיוון מורד המישור המשופע, ויתקיים:

$$m_1 g = Mg\sin 30 + f_k$$
$$\Rightarrow m_1 g = 10 + 2 \quad \Rightarrow m_1 = 1.2\,\text{kg}$$

במקרה השני כיוון החיכוך הקיניטי יהיה בכיוון מעלה המישור המשופע, ובמקרה זה:

$$Mg\sin 30 = m_2 g + f_k$$
$$\Rightarrow m_2 g = 10 - 2 \quad \Rightarrow m_2 = 0.8\,\text{kg}$$

פתרון שאלה 46\פרק 2

א. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{F}{m+M}$$

על מנת לחשב את המתיחות בחוט, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור אחת המסות, M למשל, ונקבל:

$$T = Ma = \frac{MF}{m+M}$$

ב. כל אחת משתי המסות מקיימת את החוק השני של ניוטון: $\Sigma F = ma$. מכיוון שלשתי המסות תאוצה זהה, a, הכוח השקול הגדול יותר יפעל על המסה הגדולה יותר, כלומר על המסה M.

ג. במקרה הנתון בסעיף זה הכוח השקול זהה לכוח השקול במקרה הקודם (F בשני המקרים), אך לעומת זה המסה הכוללת עכשיו גדולה יותר (היא שווה כעת ל- $M+m+m'$). לכן תאוצת המערכת במקרה זה תהיה קטנה יותר מאשר במקרה הקודם.

ד. המתיחות בחוט 1 נתונה על ידי: $T = Ma$. מכיוון שהתאוצה עכשיו קטנה יותר, המתיחות בחוט תהיה קטנה יותר.

ה. על פי החוק השני של ניוטון נקבל:

$$a=\frac{\Sigma F}{\Sigma m}=\frac{m'g}{m+M+m'}$$

$$T_1=Ma=\frac{Mm'g}{m+M+m'}$$

לחישוב T_2, נשתמש שוב בחוק השני של ניוטון עבור המסה m' ונקבל:

$$m'g-T_2=m'a$$

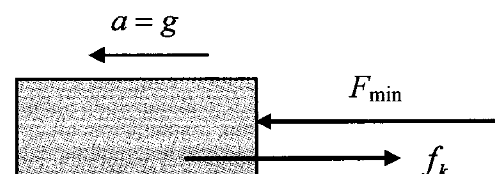
$$\Rightarrow T_2=m'(g-a)=m'\left(g-\frac{m'g}{m+M+m'}\right)=$$

$$=m'g\left(\frac{m+M}{m+M+m'}\right)$$

פתרון שאלה 47\פרק 2

א. כאשר a, תאוצת המסה m_1 לכיוון שמאל, מקיימת את התנאי $a\geq g=10\,\text{m/s}^2$, המסה m_2 נופלת נפילה חופשית והמתיחות בחוט מתאפסת.

ב. הערך הקטן ביותר של הכוח F שעבורו המתיחות בחוט מתאפסת, הוא זה שבו תאוצת המסה m_1 שווה לתאוצת הכובד $(a=g)$. על מנת לחשב את $F_{\min}$ נשתמש בתרשים הכוחות הבא ובחוק השני של ניוטון:



מתקיים:

$$F_{\min}-f_k=m_1a$$

$$\Rightarrow F_{\min}=m_1a+\mu_k(m_1g)=$$

נציב $a=g$ ונקבל:

$$F_{\min}=m_1g(1+\mu_k)=24\,\text{N}$$

ג. המסה m_2 נופלת נפילה חופשית.

המתיחות בחוט מתאפסת.

המסה m_1 נעה בתאוצה הנתונה על ידי:

$$a=\frac{F-f_k}{m_1}=\frac{F-\mu_k(m_1g)}{m_1}=$$

$$=\frac{48-0.2(20)}{2}=22\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

ד. הכוח השקול הפועל כעת על המערכת הוא:

$$\Sigma F=F+m_2g-f_k$$

ועל פי החוק השני של ניוטון נקבל:

$$a=\frac{\Sigma F}{\Sigma m}=\frac{F+m_2g-f_k}{m_1+m_2}=$$

$$=\frac{48+10-0.2(20)}{2+1}=18\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

לצורך חישוב המתיחות בחוט נשתמש שוב בחוק השני של ניוטון עבור המסה m_2 ונקבל:

$$F+m_2g-T=m_2a$$

$$\Rightarrow T=F+m_2(g-a)=48+1(10-18)=40\,\text{N}$$

פתרון שאלה 48\פרק 2

א. הערך הגדול ביותר האפשרי עבור הכוח F על מנת שהחוט לא ייקרע הוא זה המקיים $T=T_{\max}=12\,\text{N}$.

על מנת לחשב כוח זה נחשב תחילה את תאוצת המערכת במקרה הנתון. ניתן לחשב את תאוצת המערכת על ידי שימוש בחוק השני של ניוטון עבור התיבה 2:

$$a_{\max}=\frac{T_{\max}}{M}=\frac{12\,\text{N}}{1.5\,\text{kg}}=8\,\text{m/s}^2$$

לחישוב $F_{\max 1}$, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור מערכת שני הגופים:

$$F_{\max 1}=(M+m)a_{\max}=(1.5+0.5)8=16\,\text{N}$$

ב. שוב מתקיים במקרה זה ש- $T=T_{\max}=12\,\text{N}$. אבל תאוצת המערכת כעת שונה מהתאוצה שבסעיף הקודם. תאוצת המערכת נתונה כעת על ידי:

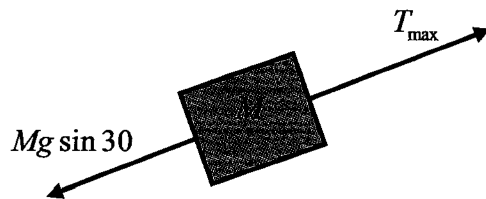
$$a=\frac{T_{max}}{m}=\frac{12\,\text{N}}{0.5\,\text{kg}}=24\,\text{m/s}^2$$

לחישוב $F_{max\,2}$, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור מערכת שני הגופים:

$$F_{max\,2}=(M+m)a=(1.5+0.5)24=48\,\text{N}$$

ג. מכיוון שהכוח השקול הפועל על כל אחת משתי המסות נתון על ידי: $\Sigma F=ma$, כאשר a היא תאוצת המערכת וזהה לשתי המסות, נקבל שהכוח השקול הגדול יותר בשני המקרים הוא עבור המסה הגדולה יותר, כלומר עבור המסה $M=1.5\,\text{kg}$.

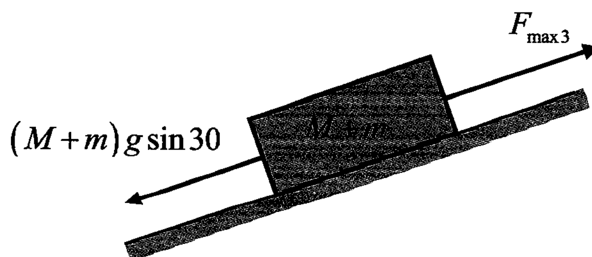
ד. כעת שוב מתקיים ש- $T=T_{max}=12\,\text{N}$. לחישוב תאוצת המערכת במקרה זה נעזר בתרשים המציג את הכוחות הפועלים על המסה M:



מהחוק השני של ניוטון נקבל:

$$a_{max}=\frac{T_{max}-Mg\sin 30}{M}=\frac{12-15\sin 30}{1.5}=3\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

על מנת לחשב את $F_{max\,3}$ נתייחס למערכת כאל גוף אחד שמסתו $m+M$. נתבסס על תרשים הכוחות הבא ונקבל:



$$F_{max\,3}-(m+M)g\sin 30=(m+M)a_{max}$$
$$\Rightarrow F_{max\,3}=(m+M)(a_{max}+g\sin 30)=16\,\text{N}$$

פתרון שאלה 49\פרק 2

א. על מנת שתאוצת הגוף m_1 תהיה בכיוון שמאל, צריך להתקיים ש- $T>m_2g$. מכיוון ש- $T=k\Delta\ell$, התנאי שצריך להתקיים על מנת שכיוון התאוצה יהיה שמאלה הוא:

$$k\Delta\ell\geq m_2g$$
$$\Rightarrow \Delta\ell>\frac{m_2g}{k}=\frac{20}{200}=0.1\,\text{m}$$

כאשר $0<\Delta\ell<0.1$ התאוצה תהיה בכיוון ימין.

ב.

(1) $T=k\Delta\ell=200(0.15)=30\,\text{N}$.

(2) מכיוון ש- $T>m_2g$, תאוצת הגוף m_2 תהיה כלפי מעלה (תאוצת m_1 תהיה שמאלה). לפי החוק השני של ניוטון נקבל עבור המסה m_2:

$$a=\frac{T-m_2g}{m_2}=\frac{30-20}{2}=5\,\text{m/s}^2$$

(3) על מנת לחשב את הכוח F נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור המסה m_1. מתקיים:

$$F-T=m_1a$$
$$\Rightarrow F=T+m_1a=30+1(5)=35\,\text{N}$$

ג. כאשר התארכות הקפיץ מתאפסת, גם המתיחות בחוט מתאפסת. במקרה זה המסה m_2 נופלת נפילה חופשית (בתאוצה שגודלה g) ועל מנת שזה יתקיים, המסה m_1 צריכה לנוע בכיוון ימין בתאוצה a המקיימת את התנאי $a\geq g$. מאחר ותאוצת המסה m_1 שווה ל- F/m_1, התנאי שהתארכות הקפיץ תתאפס הוא שיפעל על המסה m_1 כוח F בכיוון ימין, כוח המקיים את התנאי:

$$\frac{F}{m_1}\geq g\quad\Rightarrow F\geq m_1g=10\,\text{N}$$

ד. נתייחס למערכת כאל גוף יחיד שמסתו m_1+m_2 ופועל עליו כוח שקול השווה למשקל המסה m_2 (כלומר m_2g). על פי החוק השני של ניוטון:

$$a=\frac{\Sigma F}{\Sigma m}=\frac{m_2g}{m_1+m_2}=\frac{20}{3}=6\tfrac{2}{3}\,\text{m/s}^2$$

לחישוב התארכות הקפיץ, נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור המסה m_1:

$$k\Delta\ell=m_1a$$

$$\Rightarrow\Delta\ell=\frac{m_1a}{k}=\frac{1(6\frac{2}{3})}{200}=0.033\,\text{m}$$

ה. כתוצאה מפעולת כוח החיכוך תאוצת המערכת (a) תקטן. עקב כך המתיחות בחוט הקשור למסה m_2 תגדל, ומכיוון שמתקיים:

$$k\Delta\ell=T$$

התארכות הקפיץ תגדל גם היא.

פתרון שאלה 50\פרק 2

א. העתק הגוף שווה לשטח הכלוא בין הגרף ובין ציר הזמן מ- $t=0$ עד $t=0.18\,\text{s}$.

העתק הגוף עד $t=0.08\,\text{s}$ הוא:

$$\Delta x_1=2(0.08)=0.16\,\text{m}$$

על מנת לחשב את ההעתק מ- $t=0.08\,\text{s}$ עד $t=0.18\,\text{s}$ נמצא, באמצעות ספירה, את מספר המלבנים הכלואים בין הגרף וציר הזמן בפרק זמן זה. מספר המלבנים הוא כ-133, ולכן העתק הגוף בפרק זמן זה הוא:

$$\Delta x_2=133\times S_1=133\times(0.01)(0.1)=0.133\,\text{m}$$

מכאן שההעתק הכולל הוא:

$$\Delta x=0.16+0.133=0.293\,\text{m}$$

ב. תאוצת הגוף בזמן מסוים מיוצגת על ידי שיפוע גרף המהירות (כפונקציה של הזמן) ברגע האמור.

ב- $t=0.04\,\text{s}$ שיפוע הגרף אפס, לכן תאוצת הגוף בזמן זה היא אפס.

ב- $t=0.1\,\text{s}$ התאוצה היא:

$$a\cong\frac{v(0.11)-v(0.09)}{0.11-0.09}=\frac{1.8-2}{0.02}=-10\,\text{m/s}^2$$

ג. המהירות הממוצעת בפרק זמן זה נתונה על ידי:

$$\bar{v}=\frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}=\frac{0.133}{0.1}=1.33\,\text{m/s}$$

(ראה סעיף ב').

ד. מ- $t=0$ עד $t=0.08\,\text{s}$ הגוף נע בכיוון החיובי של הציר במהירות קבועה של $2\,\text{m/s}$. מ- $t=0.08\,\text{s}$ מהירות הגוף מתחילה לקטון בקצב ההולך וגדל עם הזמן, עד לעצירתו ב- $t=0.18\,\text{s}$.

ה. לפי החוק השני של ניוטון, הכוח השקול שפועל על הגוף נתון על ידי: $\Sigma F=ma$. בפרק הזמן מ- $0.08\,\text{s}$ עד $0.18\,\text{s}$ התאוצה שלילית ולכן הכוח שלילי גם כן, ולכן הוא מכוון לכיוון השלילי של ציר התנועה.

ו. גודל הכוח השקול הפועל על הגוף בפרק הזמן מ- $0.08\,\text{s}$ עד $0.18\,\text{s}$ נתון על ידי: $|\Sigma F|=m|a|$. מכיוון שבפרק זמן זה $|a|$ הולך וגדל, גם גודל הכוח השקול בפרק זמן זה הולך וגדל (בערכו המוחלט).

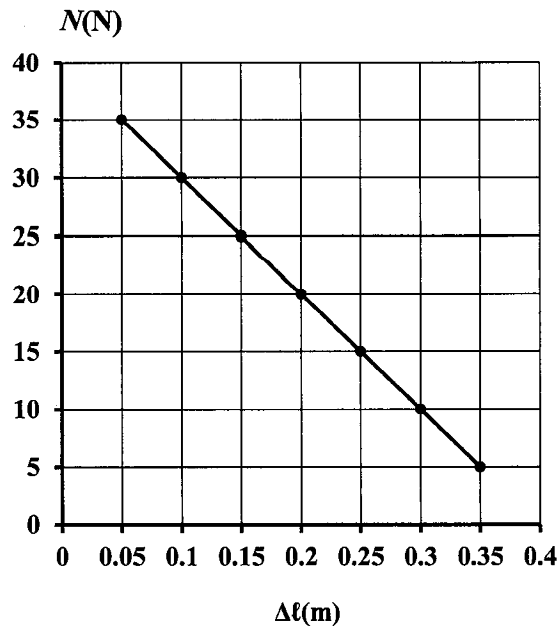
פתרון שאלה 51\פרק 2

א. המאזניים מודדים את הכוח שהגוף מפעיל על המשטח שלהם, כוח שמסומן בדרך כלל ב- N', והוא למעשה כוח התגובה לכוח הנורמלי, N, שמשטח המאזניים מפעיל על הגוף.

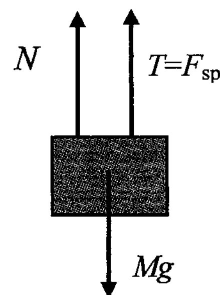
מכיוון שלפי החוק השלישי של ניוטון מתקיים, $|N'|=|N|$, ניתן להסיק שמאזניים מודדים את

גודל הכוח הנורמלי (N) שהמשטח שלהם מפעיל על הגוף.

ב.



ג. התרשים הבא מתאר את הגוף ואת הכוחות שפועלים עליו:



על פי החוק הראשון של ניוטון, מתקיים:

$$N + F_{sp} = Mg \quad \Rightarrow N = Mg - k\Delta\ell$$

ד.

(1) בהתאם להקשר שהתקבל בסעיף הקודם, שיפוע הגרף הלינארי המתאר את N כפונקציה של $\Delta\ell$ מייצג את הגודל $-k$. על פי הגרף מסעיף ב', השיפוע הוא -100, לכן קבוע הקפיץ הוא: $k = 100\,\text{N/m}$.

(2) על פי הקשר שפותח בסעיף ג', נקודת חיתוך הגרף עם הציר האנכי מייצגת את הגודל Mg. בגרף זה, נקודת חיתוך הגרף עם הציר האנכי היא ב- $N = 40\,\text{N}$, ולכן:

$$Mg = 40\,\text{N} \quad \Rightarrow M = 4\,\text{kg}$$

ה. נקודת חיתוך הגרף עם הציר האנכי מייצגת את התארכות הקפיץ שעבורה קריאת המאזניים מתאפסת, כלומר את ההתארכות $\Delta\ell$ שעבורה מתקיים: $k\Delta\ell = Mg$.

ו. על סמך סעיף ה', התארכות הקפיץ שעבורה קריאת המאזניים מתאפסת, היא שווה ל- $\Delta\ell$ בנקודת חיתוך הגרף (המתואר בסעיף ב') עם הציר האופקי.לפי הגרף מתקבל $\Delta\ell = 0.4\,\text{m}$.

ז. מכיוון שהגלגלת אידיאלית, מתקיים תמיד: $T_2 = 2T_1 = 2k\Delta\ell$. לכן נקבל:

(1) כאשר $\Delta\ell = 0.4\,\text{m}$:

$$T_2 = 2(100)(0.4) = 80\,\text{N}$$

(2) כאשר $\Delta\ell = 0.6\,\text{m}$:

$$T_2 = 2(100)(0.6) = 120\,\text{N}$$

פתרון שאלה 52\פרק 2

א. התאוצה שווה לשיפוע גרף המהירות כפונקציה של הזמן. ולפי הגרף מתקבל:

$$a_1 = 4\,\text{m/s}^2$$

$$a_2 = -5\,\text{m/s}^2$$

ב. הכיוון החיובי שנבחר בבעיה זו הוא בכיוון תנועת המסה m_2. בשלב השני של התנועה, המסה m_3 כבר התנתקה מ- m_2, ולכן התאוצה בשלב זה נתונה על ידי:

$$a_2 = \frac{m_2 g - m_1 g}{m_2 + m_1}$$

נציב $a_2 = -5\,\text{m/s}^2$ ו- $m_1 = 0.3\,\text{kg}$ ונקבל:

$$-5 = \frac{m_2(10) - 3}{m_2 + 0.3} \quad \Rightarrow m_2 = 0.1\,\text{kg}$$

על מנת לחשב כעת את m_3 נבטא קודם את התאוצה בשלב הראשון. זו נתונה על ידי:

$$a_1=\frac{(m_3+m_2)g-m_1g}{m_1+m_2+m_3}$$

נציב: $m_1=0.3\,\text{kg}$, $m_2=0.1\,\text{kg}$ ו- $a_1=4\,\text{m/s}^2$ ונקבל:

$$4=\frac{(m_3+0.1)(10)-0.3(10)}{0.3+0.1+m_3}$$

$$\Rightarrow m_3=0.6\,\text{kg}$$

ג. המרחק הקצר ביותר של המסה m_2 מהרצפה מתקבל ברגע שבו המסה m_2 נעצרת במהלך תנועתה כלפי מטה, וזה קורה בזמן $t=0.9\,\text{s}$. העתק המסה m_2 עד ל- $t=0.9\,\text{s}$ שווה לשטח הכלוא בין הגרף ובין ציר הזמן עד לרגע זה, והוא:

$$\Delta y=\frac{2\times0.9}{2}=0.9\,\text{m}$$

מכאן:

$$h_{\min}=h_1-\Delta y=1.2-0.9=0.3\,\text{m}$$

ד. נבחר את $y=0$, במיקום של המסה m_2 ב- $t=0$ ואת הכיוון החיובי, כאמור, כלפי מטה. המיקום של המסה m_2 החל מהרגע שבו נעצרה בנקודה הנמוכה ביותר נתון על ידי:

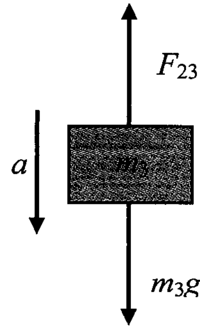
$$y=y_0+v_0(t-0.9)+\tfrac{1}{2}a(t-0.9)^2$$

כאשר: $y_0=0.9\,\text{m}$, $v_0=0$ ו- $a=-5\,\text{m/s}^2$.

על מנת לחשב הזמן הדרוש ל- m_2 לחזור לנקודת המוצא, נציב $y=0$ ונקבל:

$$0=0.9+\tfrac{1}{2}(-5)(t-0.9)^2 \quad \Rightarrow t=1.5\,\text{s}$$

ה. על מנת לחשב את הכוח שכל אחת משתי המסות m_2 ו- m_3 מפעילה על השנייה במהלך תנועתן המואצת בשלב הראשון, נרשום את הכוחות הפועלים על אחת המסות, למשל m_3, ונשתמש בחוק השני של ניוטון. בתרשים מתוארים הכוחות הפועלים על m_3.



כאשר F_{23} הוא הכוח שהמסה 2 מפעילה על המסה m_3. מהחוק השני של ניוטון נקבל:

$$m_3g-F_{23}=m_3a$$

$$\Rightarrow F_{23}=m_3(g-a)=0.6(10-4)=3.6\,\text{N}$$

ועל פי החוק השלישי של ניוטון, המסה m_3 מפעילה על המסה m_2 כוח F_{32} השווה בגודלו ומנוגד בכיוונו ל- F_{23}, כלומר כוח שגודלו $3.6\,\text{N}$ כלפי מטה.

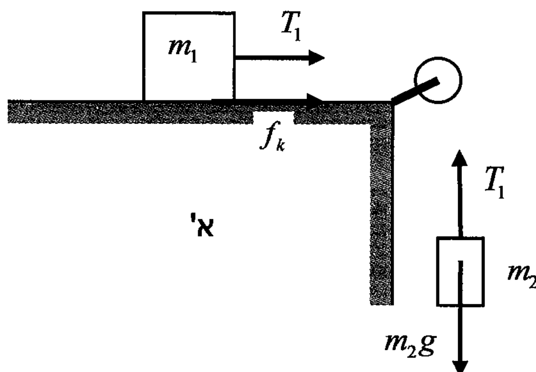
פתרון שאלה 53\פרק 2

א. בשלב הראשון התיבה נעה בתאוטה בכיוון השלילי, לכן תאוצתה חיובית.

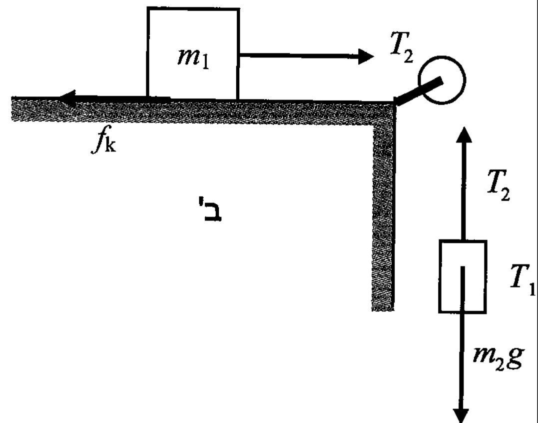
בדרכה חזרה, התיבה נעה בתאוצה בכיוון החיובי, לכן שוב תאוצתה חיובית.

ב. במהלך תנועת התיבה, פועלים עליה בכיוון תנועתה שני כוחות: המתיחות בחוט T והחיכוך הקינטי f_k.

בשלב הראשון ל- T ו- f_k יש אותו הכיוון. שניהם מכוונים לכיוון החיובי, כמתואר בתרשים א'.



לעומת זה, בשלב השני (בחזרה) T מכוון לכיוון החיובי ו-f_k לכיוון השלילי, כפי שמתואר בתרשים ב'.



מכאן ש- ΣF אינו זהה בשני שלבי התנועה, ולכן גם התאוצה אינה זהה בשני השלבים.

ג.

(1) מהחוק השני של ניוטון עבור המערכת בשלב הראשון של התנועה (ראה תרשים א' בסעיף ב') נקבל (זכור! הכיוון החיובי ימינה):

$$m_2g + f_k = (m_1 + m_2)a_1$$

ולכן:

$$(1) \quad m_2g + f_k = (1.5 + m_2)(5)$$

בשלב השני של התנועה נקבל (ראה תרשים ב'):

$$m_2g - f_k = (m_1 + m_2)a_2$$

ולאחר הצבה:

$$(2) \quad m_2g - f_k = (1.5 + m_2)(3)$$

נחבר את שתי המשוואות (1) ו-(2) ונקבל:

$$2m_2g = 8(1.5 + m_2)$$
$$\Rightarrow 20m_2 = 12 + 8m_2$$
$$\Rightarrow m_2 = 1\text{kg}$$

(2) נחשב קודם את f_k על ידי שימוש במשוואה (1) מהתת סעיף הקודם:

$$(1) \quad (1)(10) + f_k = (1.5 + 1)(5)$$
$$\Rightarrow f_k = 2.5\,\text{N}$$
$$\Rightarrow \mu_k m_1 g = 2.5 \quad \Rightarrow \mu_k = 1/6$$

(3) בשלב הראשון מתקיים:

$$m_2g - T_1 = m_2a_1$$
$$\Rightarrow T_1 = m_2(g - a_1) = 1(10 - 5) = 5\,\text{N}$$

בשלב השני מתקיים:

$$m_2g - T_2 = m_2a_2$$
$$\Rightarrow T_2 = m_2(g - a_2) = 1(10 - 3) = 7\,\text{N}$$

פתרון שאלה 54\פרק 2

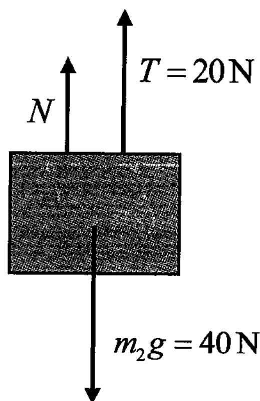
א. על מנת שהמסה m_1 תהיה על סף התנתקות מהרצפה, צריך להתקיים ש- $T_1 = m_1g = 20\,\text{N}$.

מכיוון שמסת החוט זניחה מתקיים גם ש- $T_2 = T_1 = 20\,\text{N}$.

מאחר והגלגלת אידיאלית, מתקיים:

$$F = T_1 + T_2 = 40\,\text{N}$$

ב. במצב המתואר בסעיף הקודם פועלים על המסה m_1 שלושת הכוחות הבאים:



מכיוון שמסה זו נמצאת בשיווי משקל מתקיים:

$$T + N = m_2g$$
$$\Rightarrow N = m_2g - T = 40 - 20 = 20\,\text{N}$$

המסה m_2 מפעילה על הרצפה כוח השווה בגודלו ומנוגד בכיוונו ל-N, כלומר כוח שגודלו $20\,\text{N}$ המכוון כלפי מטה.

ג. על מנת שהמסה m_2 תהיה על סף התנתקות מהרצפה צריך להתקיים: $T_2 = m_2g = 40\,\text{N}$.

במצב זה מתקיים:

$$F = T_1 + T_2 = 80\,\text{N}$$

ד. המסה m_1 נעה כעת כלפי מעלה בתאוצה שגודלה:

$$a_1 = \frac{T_1 - m_1 g}{m_1} = \frac{40-20}{2} = 10\,\mathrm{m/s^2}$$

ה.

(1) מתקיים:

$$T_1 = T_2 = \frac{F}{2} = 50\,\mathrm{N}$$

(2)

$$a_1 = \frac{T - m_1 g}{m_1} = \frac{50-20}{2} = 15\,\mathrm{m/s^2}$$

$$a_2 = \frac{T - m_2 g}{m_2} = \frac{50-40}{4} = 2.5\,\mathrm{m/s^2}$$

פתרון שאלה 55\פרק 2

א. אם התיבה m_1 נמצאת במנוחה ביחס לתיבה הגדולה, גם התיבה m_2 תהיה במנוחה ביחס לתיבה הגדולה. לכן נקבל מהחוק הראשון של ניוטון ש- $T = m_2 g$.

ב. כאשר מתקיים ש- $T = m_2 g$, תאוצת המסה m_1 תהיה שווה לתאוצת המערכת a. על פי החוק השני של ניוטון, תאוצת המסה m_1 נתונה על ידי:

$$a = \frac{T}{m_1} = \frac{m_2}{m_1} g$$

וזו היא גם תאוצת המערכת.

ג. נסמן הכוח שהתיבה הגדולה מפעילה על המסה m_2 ב- F_{32}. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$F_{32} = m_2 a = m_2 \frac{m_2}{m_1} g = \left(\frac{m_2}{m_1}\right) m_2 g$$

ד. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$F = (m_1 + m_2 + M)a =$$

$$= (m_1 + m_2 + M)\frac{m_2}{m_1} g$$

פתרון שאלה 56\פרק 2

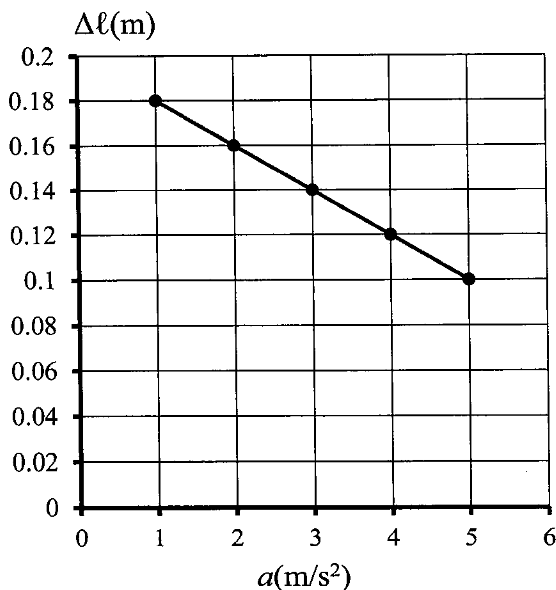
א. על המסה m_1 פועלים הכוחות: $m_1 g$ כלפי מטה ו- $T = k\Delta\ell$ כלפי מעלה.

לפי הטבלה, ככל שתאוצת המערכת גדלה, התארכות הקפיץ קטנה, כלומר המתיחות בחוט קטנה. במלים אחרות, ככל שתאוצת המערכת גדלה, הכוח השקול הפועל על m_1 גדל כלפי מטה, וזה מתקיים רק אם כיוון תאוצת המסה m_1 הוא כלפי מטה, וכמובן כיוון תאוצת המסה m_2 יהיה כלפי מעלה.

ב. נכתוב את החוק השני של ניוטון עבור המסה m_1 ונקבל:

$$m_1 g - k\Delta\ell = m_1 a \quad \Rightarrow \Delta\ell = \frac{m_1}{k} g - \frac{m_1}{k} a$$

ג.



ד. מעיון בביטוי שהתקבל בסעיף ב', מתברר ששיפוע הגרף מבטא את הגודל $-m_1/k$. מהגרף מתקבל שהשיפוע הוא: $-0.02\,\mathrm{s^2}$. לכן נקבל:

$$\frac{m_1}{k} = 0.02 \quad \Rightarrow \frac{0.4}{k} = 0.02$$

$$\Rightarrow k = 20\,\mathrm{N/m}$$

ה. נקודת חיתוך הגרף עם הציר האנכי מייצגת

את התארכות הקפיץ כאשר $a=0$, כלומר כאשר המערכת נמצאת במצב שווי משקל. זה מתרחש כאשר $m_1=m_2=0.4\text{kg}$. במקרה זה מתקיים:

$$\Delta\ell x=m_1g \Rightarrow \Delta\ell=\frac{m_1g}{k}=\frac{4}{20}=0.2\,\text{m}$$

נקודת החיתוך עם הציר האופקי מייצגת את התאוצה שעבורה התארכות הקפיץ מתאפסת. לפי סעיף ב' זה מתקיים כאשר:

$$0=\frac{m_1}{k}a-\frac{m_1g}{k} \qquad \Rightarrow a=g$$

במצב זה $m_2=0$ והמסה m_1 (ביחד עם הקפיץ) נופלת נפילה חופשית.

ו. על פי הגרף, כאשר $\Delta\ell=0.16\,\text{m}$ תאוצת המערכת היא $2\,\text{m/s}^2$. מצד שני מתקיים:

$$a=\frac{m_1g-m_2g}{m_1+m_2}$$

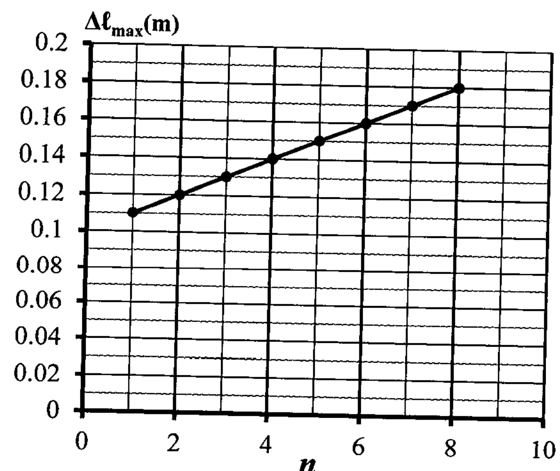
נציב: $a=2\,\text{m/s}^2$ ו- $m_1=0.4\,\text{kg}$ ונקבל:

$$2=\frac{4-m_2g}{0.4+m_2}$$

$$\Rightarrow 0.8+2m_2=4-10m_2 \;\Rightarrow m_2=\frac{4}{15}\text{kg}$$

פתרון שאלה 57\פרק 2

א.



ב. כאשר הקופסה נמצאת על סף תנועה מתקיים:

$$k\Delta\ell_{\max}=f_{s\max}=\mu_s\left(nm_0+M\right)g$$

$$\Rightarrow \Delta\ell_{\max}=\left(\frac{\mu_s m_0 g}{k}\right)n+\frac{\mu_s Mg}{k}$$

ג.

(1) מהסעיף הקודם למדים ששיפוע הגרף מיוצג על ידי הגודל $\mu_s m_0 g/k$. מהגרף מתקבל שהשיפוע שווה ל-0.01. מכאן:

$$\frac{\mu_s m_0 g}{k}=0.01$$

$$\Rightarrow \frac{\mu_s(0.1)(10)}{40}=0.01 \quad \Rightarrow \mu_s=0.4$$

(2) לפי הביטוי שהתקבל בסעיף ב', נקודת החיתוך עם הציר האנכי מיוצגת על ידי הגודל: $\mu_s Mg/k$. הגרף חותך את הציר האנכי ב-0.1. מכאן:

$$\frac{\mu_s Mg}{k}=0.1 \quad \Rightarrow M=1\text{kg}$$

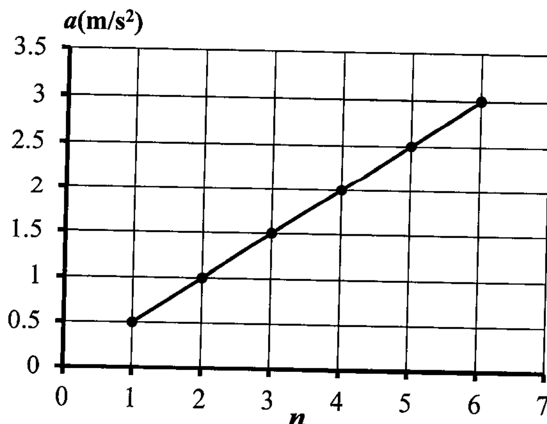
ד.

(1) כעת $f_{s\max}=\mu_s mg\cos\alpha$. ערך זה קטן ביחס לערך הקודם (על המשטח האופקי) כי $\cos\alpha<1$.

(2) מקדם החיכוך הסטטי לא משתנה כל עוד לא משנים את המשטח או מחליפים את הקופסה.

פתרון שאלה 58\פרק 2

א.



ב. כאשר מעבירים n דיסקיות מצד שמאלה לצד ימין, מסת הגוף שבצד ימין תהיה $M+m_0n$ ומסת הגוף שבצד שמאל תהיה $M-m_0n$, כש-$M=2\text{kg}$. על פי החוק השני של ניוטון, הביטוי לתאוצה הוא:

$$a=\frac{\Sigma F}{\Sigma m}=$$

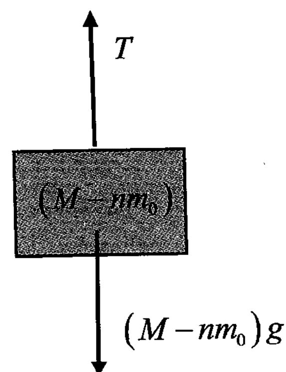
$$=\frac{(M+nm_0)g-(M-nm_0)g}{(M+nm_0)+(M-nm_0)}$$

$$\Rightarrow a=\left(\frac{m_0g}{M}\right)n$$

ג. שיפוע הגרף שהתקבל בסעיף א' שווה ל-0.5, ולפי הביטוי שהתקבל בסעיף ב', השיפוע מיוצג על ידי הגודל: m_0g/M. מכאן:

$$\frac{m_0g}{M}=0.5 \quad \Rightarrow m_0=0.1\text{kg}$$

ד. על מנת לבטא את המתיחות בחוט, ניעזר בתרשים הכוחות הבא, המתאר את הכוחות הפועלים על הגוף השמאלי לאחר שהעברנו n דיסקיות ממנו לגוף הימני.



על פי החוק השני של ניוטון מקבלים:

$$T-(M-nm_0)g=(M-nm_0)a$$
$$\Rightarrow T=(M-nm_0)(g+a)$$

נציב את התאוצה מסעיף ב' ונקבל:

$$T=(M-nm_0)\left(g+\frac{nm_0g}{M}\right)$$

$$\Rightarrow T=(M-nm_0)\left(\frac{M+nm_0}{M}\right)g$$

$$\Rightarrow T=\frac{M^2-n^2m_0^2}{M}g=Mg-\frac{m_0^2g}{M}n$$
$$\Rightarrow T=20-0.05n^2$$

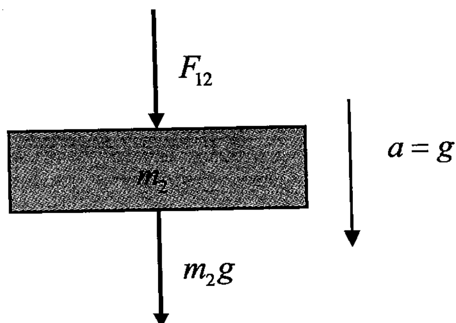
ה. אנחנו למדים מהביטוי שהתקבל בסעיף הקודם שככל ש-n גדל, המתיחות בחוט קטנה. הערך המקסימלי עבור T מתקבל כאשר $n=0$ (המערכת נמצאת במצב שווי משקל).

פתרון שאלה 59\פרק 2

א. מכיוון שהתנגדות האוויר זניחה, במקרה זה תאוצת המערכת היא תאוצת הנפילה החופשית: $a=g=10\,\text{m/s}^2$.

ב. מכיוון ששני הגופים נופלים בתאוצה בה היה נופל כל אחד מהם אילו נפל בנפרד, הם לא יפעילו כוח זה על זה במהלך נפילתם.

ניתן להראות זאת גם במשוואות. לשם כך נרשום את הכוחות הפועלים על אחד הגופים, הגוף התחתון למשל, כפי שמתואר בתרשים הבא:



כאשר F_{12} הוא הכוח שהגוף העליון מפעיל על הגוף התחתון.

לפי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$m_2g+F_{12}=m_2a$$
$$\Rightarrow F_{12}=m_2(a-g)$$

מכיוון ש-$a=g$ נקבל: $F_{12}=0$.

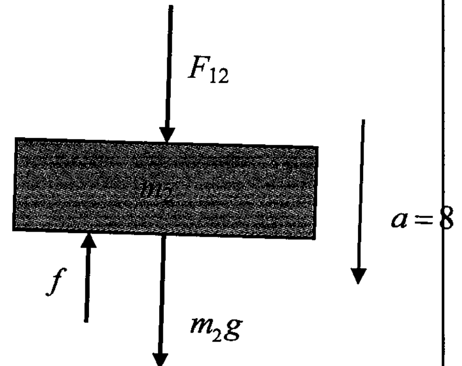
ולכן, על פי החוק השלישי של ניוטון, הכוח F_{21} שמפעיל הגוף התחתון על העליון גם הוא

אפס.

ג. כעת:

$$a=\frac{(m_1+m_2)g-f}{m_1+m_2}=\frac{15-3}{1.5}=8\,\text{m/s}^2$$

ד. שוב נשתמש בחוק השני עבור אחד הגופים, למשל עבור הגוף התחתון. בתרשים מתוארים הכוחות הפועלים על הגוף התחתון:



מהחוק השני של ניוטון נקבל:

$$m_2g+F_{12}-f=m_2a$$
$$\Rightarrow 10+F_{12}-3=1(8)$$
$$\Rightarrow F_{12}=1\text{N}$$

מכאן שבמהלך נפילתם כל אחד משני הגופים מפעיל על הגוף האחר כוח שגודלו 1N.

פתרון שאלה 60\פרק 2

א. מכיוון שהתיבה נמצאת במצב שווי משקל, הכוח השקול הפועל עליה שווה לאפס. לכן לא פועל על התיבה כוח חיכוך בכיוון התנועה, אחרת הכוח השקול לא היה מתאפס.

ב.

(1) מכיוון שהתיבה נמצאת במנוחה ביחס לעגלה, החיכוך שמפעילה עליה העגלה הוא חיכוך סטטי.

(2) על פי החוק השני של ניוטון, כיוון כוח החיכוך הוא בכיוון התאוצה (כלומר שמאלה) וגודלו:

$$f_s=ma=1.6(0.5)=0.8\,\text{N}$$

(3) על מנת שהעגלה לא תחליק צריך להתקיים:

$$f_s\le f_{s\max}$$
$$\Rightarrow ma\le \mu_s mg$$
$$\Rightarrow \frac{a}{g}\le \mu_s \quad \Rightarrow \mu_{s\min}=\frac{a}{g}=0.05$$

ג. על פי החוק השני של ניוטון, כיוון הכוח האלסטי שהקפיץ מפעיל על התיבה הוא בכיוון התאוצה, כלומר ימינה. לשם כך הקפיץ צריך להיות מתוח (כלומר מוארך).

ד. מתקיים:

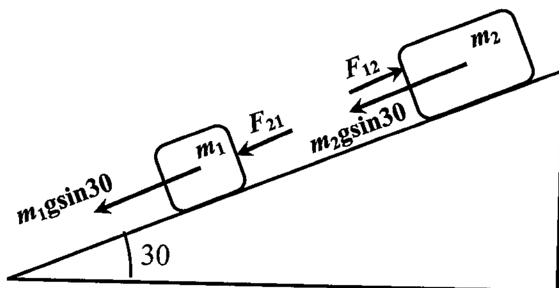
$$k\Delta\ell=ma$$
$$\Rightarrow \Delta\ell=\frac{ma}{k}=\frac{1.6\times0.5}{20}=0.04\,\text{m}$$

ה. כעת מתקיים:

$$k\Delta\ell-mg\sin30=ma$$
$$\Rightarrow \Delta\ell=\frac{m(a+g\sin30)}{k}=\frac{1.6(0.5+5)}{20}=0.44\,\text{m}$$

פתרון שאלה 61\פרק 2

א. בתרשים מוצגים חיצים המייצגים את הכוחות הפועלים על כל אחת משתי התיבות במקביל למישור המשופע.



כאשר F_{12} הוא הכוח שהתיבה 1 מפעילה על התיבה 2 ו-F_{21} הוא הכוח שהתיבה 2 מפעילה על התיבה 1. כוחות אלה שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.

נבחר את הכיוון החיובי במורד המישור המשופע.

עבור m_1 מתקיים, על פי החוק השני של ניוטון:

$$m_1 g\sin\alpha + F_{21} = m_1 a$$

ועבור m_2 נקבל:

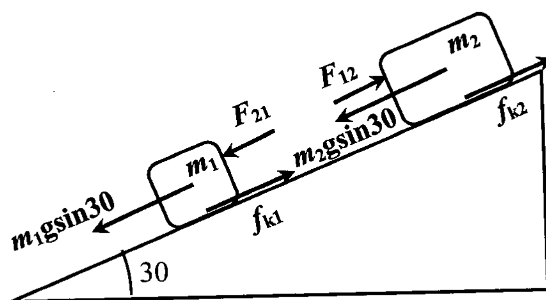
$$m_2 g\sin\alpha - F_{12} = m_2 a$$

נחבר את שתי המשוואות האחרונות ונקבל:

$$(m_1+m_2)g\sin\alpha = (m_1+m_2)a$$
$$\Rightarrow a = g\sin\alpha$$

נציב את התוצאה באחת המשוואות הנ"ל ונקבל ש- $F_{12}=F_{21}=0$.

ב. נרשום שוב את הכוחות הפועלים על כל אחת מהתיבות בכיוון המקביל לציר התנועה:



כאשר מתקיים:

$$f_{k_1} = \mu_k m_1 g\cos\alpha$$
$$f_{k_2} = \mu_k m_2 g\cos\alpha$$

מהחוק השני של ניוטון נקבל עבור m_1:

$$(1)\qquad m_1 g\sin\alpha + F_{21} - f_{k1} = m_1 a$$

ועבור m_2:

$$(2)\qquad m_2 g\sin\alpha - F_{12} - f_{k2} = m_2 a$$

נחבר את שתי המשוואות (1) ו-(2) ונקבל:

$$(m_1+m_2)g\sin\alpha - (f_{k1}+f_{k2}) = (m_1+m_2)a$$
$$\Rightarrow (m_1+m_2)g\sin\alpha - \mu_k g\cos\alpha(m_1+m_2) =$$
$$=(m_1+m_2)a$$
$$\Rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu_k\cos\alpha)$$

נציב את התוצאה באחת המשוואות הנ"ל, למשל משוואה (1) ונקבל:

$$m_1 g\sin\alpha + F_{21} - \mu_k m_1 g\cos\alpha =$$
$$= m_1 g(\sin\alpha - \mu_k\cos\alpha)$$

$$\Rightarrow F_{21} = 0$$

לכן שוב מתקבל: $F_{12}=F_{21}=0$.

ג.

(1) יש להניח מקדימה (בכיוון התנועה) את התיבה שהתאוצה שלה קטנה יותר כאשר היא נעה באופן נפרד על המישור המשופע. זאת, מאחר והיא תהיה איטית יותר מהתיבה שמאחור ובכך שתי התיבות יפעילו כוחות האחת על השנייה.

מכיוון שהתאוצה על מישור משופע לא חלק נתונה על ידי: $a=g(\sin\alpha-\mu_k\cos\alpha)$, התיבה שתנוע בתאוצה קטנה יותר היא זו שמקדם החיכוך הקינטי שלה גדול יותר, כלומר התיבה השנייה.

(2) נתייחס למערכת שתי התיבות כאל גוף אחד שמסתו m_1+m_2 ופועל עליו כוח חיכוך קינטי שגודלו $f_{k1}+f_{k2}$. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$(1)\quad a=\frac{(m_1+m_2)g\sin 30-(f_{k1}+f_{k2})}{m_1+m_2}$$

כאשר:

$$(m_1+m_2)g\sin 30 = 50\sin 30 = 25\,\mathrm{N}$$
$$f_{k1}=\mu_{k1}m_1 g\cos 30 = 3.46\,\mathrm{N}$$
$$f_{k2}=\mu_{k2}m_2 g\cos 30 = 10.39\,\mathrm{N}$$

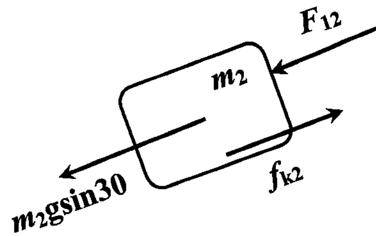
נציב במשוואה (1) ונקבל:

$$a=\frac{25-13.85}{5}=2.23\,\mathrm{m/s^2}$$

על מנת לחשב את הכוחות שהתיבות מפעילות זו על זו, נשתמש שוב בחוק השני של ניוטון עבור אחת התיבות, לדוגמה התיבה m_2. על תיבה זו פועלים במקביל למישור המשופע הכוחות המתוארים בתרשים בעמוד הבא. על פי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$F_{12} + m_2 g\sin 30 - f_{k2} = m_2 a$$

$$\Rightarrow F_{12} = m_2(a - g\sin 30) + f_{k2} = 2.1\,\text{N}$$



ועל כן, מהחוק השלישי של ניוטון נקבל כי F_{21} שווה ל- F_{12} בגודל ומנוגד לו בכיוונו.

פתרון שאלה 62\פרק 2

א. על פי חוק הוק, הכוח שמפעיל הקפיץ כאשר $\Delta\ell = 0.05\,\text{m}$ הוא:

$$F_{sp} = k\Delta\ell = 200(0.05) = 10\,\text{N}$$

מכיוון ש- F_{sp} הוא הכוח היחיד שפועל על המסה m_1 בכיוון התנועה, נקבל, על פי החוק השני של ניוטון, שתאוצת מסה זו שווה ל:

$$a = \frac{F_{sp}}{m_1} = \frac{10\,\text{N}}{2\,\text{kg}} = 5\,\text{m/s}^2$$

וזהי גם התאוצה של מערכת שלושת הגופים.

ב. על מנת לחשב את גודל המסה m_3, נבטא קודם את תאוצת המערכת. לשם כך נתייחס למערכת כאל גוף אחד שמסתו $m_1 + m_2 + m_3$ ושהכוח השקול שפועל עליו הוא $m_3 g$. על פי החוק השני של ניוטון נקבל:

$$a = \frac{m_3 g}{m_1 + m_2 + m_3}$$

נציב: $m_1 = m_2 = 2\,\text{kg}$ ו- $a = 5\,\text{m/s}^2$ ונקבל:

$$5 = \frac{10 m_3}{2 + 2 + m_3} \Rightarrow m_3 = 4\,\text{kg}$$

ג. ההתארכות המקסימלית של הקפיץ מתקבלת כאשר המערכת מגיעה לתאוצה המקסימלית האפשרית במערכת זו. התאוצה המקסימלית המתקבלת במערכת זו היא כאשר המסה m_3 גדולה מאוד $(m_3 \gg m_1 + m_2)$.

במקרה זה תאוצת המערכת תהיה שווה לתאוצת הנפילה החופשית, כלומר $a_{max} = g$.

על מנת לחשב את ההתארכות הקפיץ במקרה זה $(\Delta\ell_{max})$ נשתמש בחוק השני של ניוטון עבור m_1. מתקיים:

$$k\Delta\ell_{max} = m_1 a_{max}$$

$$\Rightarrow \Delta\ell_{max} = \frac{m_1 a_{max}}{k} = \frac{20\,\text{N}}{200\,\text{N/m}} = 0.1\,\text{m}$$

פתרון שאלה 63\פרק 2

א. $a = \frac{3.2}{0.6 + 0.2} = 4\,\text{m/s}^2$

ב. על מנת לחשב את התארכות הקפיץ, נשתמש בחוק השני עבור אחת המסות. קל יותר לעשות זאת עבור המסה m_2. עבור מסה זו מתקיים:

$$k\Delta\ell = m_2 a$$

$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{m_2 a}{k} = \frac{0.6(4)}{48} = 0.05\,\text{m}$$

ג. מכיוון שמסת המערכת לא השתנתה וגם הכוח השקול הפועל עליה לא השתנה, גם תאוצת המערכת לא תשתנה.

ד. כן, התארכות הקפיץ תשתנה. היא תקטן, כי הקפיץ גורר כעת מסה קטנה יותר, m_1. כעת מתקיים:

$$k\Delta\ell = m_1 a$$

$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{m_1 a}{k} = \frac{0.2(4)}{48} = 0.0166\,\text{m}$$

ה. תאוצת המערכת זהה בשני התרשימים א' ו-ב' וגודלה:

$$a = \frac{F - (f_{k1} + f_{k2})}{m_1 + m_2} = \frac{F - \mu_k(m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} =$$

$$= \frac{3.2 - 0.2(0.2 + 0.6)10}{0.2 + 0.6} = 2\,\text{m/s}^2$$

על מנת לחשב את התארכות הקפיץ במקרה

המתואר בתרשים א', נרשום את החוק השני של ניוטון עבור המסה m_2. מתקיים:

$$k\Delta\ell - f_{k2} = m_2 a$$
$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{m_2(a+\mu_k g)}{k} = \frac{0.6(2+2)}{48} = 0.05\,\text{m}$$

על מנת לחשב את התארכות הקפיץ במקרה המתואר בתרשים ב' נרשום את החוק השני של ניוטון עבור המסה m_1. מתקיים:

$$k\Delta\ell - f_{k1} = m_1 a$$
$$\Rightarrow \Delta\ell = \frac{m_1(a+\mu_k g)}{k} = \frac{0.2(2+2)}{48} = 0.0166\,\text{m}$$

פתרון שאלה 64\פרק 2

א. הגוף מגיע לגובה המקסימלי בזמן $t = 1.5\,\text{s}$, והגובה זה הוא:

$$h = \frac{15\times 1.5}{2} = 11.25\,\text{m}$$

ב. גובה הבניין הוא הערך המוחלט של ההעתק הכולל של הגוף. במהלך תנועתו יש לגוף שני העתקים. הראשון בעלייה, Δy_1:

$$\Delta y_1 = \frac{15\times 1.5}{2} = 11.25\,\text{m}$$

והשני בירידה, Δy_2:

$$\Delta y_2 = \frac{2.5\times(-25)}{2} = -31.25\,\text{m}$$

לכן ההעתק הכולל של הגוף הוא:

$$\Delta y = 11.25 + (-31.25) = -20\,\text{m}$$

ולכן גובה הבניין:

$$h = |\Delta y| = 20\,\text{m}$$

ג. שיפוע הגרף מייצג את תאוצת הגוף. תאוצת הגוף בעלייה שונה מתאוצתו בירידה.

בעלייה, כוח החיכוך עם האוויר מכוון בכיוון mg (כלפי למטה), ובירידה כוח החיכוך עם האוויר מכוון כנגד mg (כלפי למעלה). לכן הכוח השקול שונה בין העליה לירידה, ולכן התאוצה בעלייה שונה מהתאוצה בירידה.

ד. גובה הבניין הוא הערך המוחלט של ההעתק הכולל של הגוף. במהלך תנועתו יש לגוף שני העתקים. הראשון, Δy_1, בעלייה:

$$\Delta y_1 = \frac{15\times 1.25}{2} = 9.375\,\text{m}$$

והשני, Δy_2, בירידה:

$$\Delta y_2 = \frac{-16\times 2}{2} = -16\,\text{m}$$

ההעתק הכולל של הגוף הוא:

$$\Delta y = \Delta y_1 + \Delta y_2 = 9.375 - 16 = -6.625\,\text{m}$$
$$\Rightarrow h = |\Delta y| = 6.625\,\text{m}$$

ה. תאוצת הגוף בעלייה שווה לשיפוע החלק הראשון של הגרף:

$$a_1 = \frac{-15}{1.25} = -12\,\text{m/s}^2$$

ולפי החוק השני של ניוטון מתקיים:

$$a_1 = \frac{-mg - f_k}{m} = -10 - \frac{f_k}{m}$$

נציב $a_1 = -12\,\text{m/s}^2$ ו- $m = 0.1$ ונקבל:

$$-10 - \frac{f_k}{0.1} = -12$$
$$\Rightarrow f_k = 0.2\,\text{N}$$